

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

IL

2519

L. inw.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297327

requis. esser 5, meljane
" 6, piaschur

Handbuch

bautechnische Bestandsprüfung

von Prof. Dr. J. H. Schmalz
Lehrstuhl für Bautechnik, Maschinenbau und Bauwesen
an der Universität zu Köln

Prof. Dr. J. H. Schmalz



T. 18

1875

XXI
876

Handbuch

der

bautechnischen Gesteinsprüfung

Für Beamte der Materialprüfungsanstalten und Baubehörden,
Steinbruchingenieure, Architekten und Bauingenieure, sowie
für Studierende der Technischen Hochschulen

von

Prof. Dr. J. Hirschwald

Gehelmer Regierungsrat

Vorsteher des Mineralog.-geolog. Instituts der Kgl. Technischen Hochschule Berlin

Mit 7 Tafeln in Buntdruck und 470 z. T. farbigen Textfiguren

23/5
J. H. 29 645



Berlin

Verlag von Gebrüder Borntraeger

W 35 Schöneberger Ufer 12a

1912

J. H.

45

xxx
876

Alle Rechte,
insbesondere das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten

Copyright, 1912, by Gebrüder Borntraeger in Berlin

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

112519

Druck von E. Buchbinder (H. Duske) in Neuruppin.

Akc. Nr. 1516/49

Vorwort.

Das im Auftrage des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten herausgegebene Werk: J. Hirschwald, Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit, Berlin 1908, ist bereits ein Jahr nach seinem Erscheinen im Buchhandel vergriffen worden. Aufgabe desselben war es, die durch umfangreiche praktische und experimentelle Untersuchungen gewonnenen Methoden zur Prüfung der natürlichen Bausteine darzulegen und wissenschaftlich zu begründen.

Das vorliegende Handbuch, welches eine vollständige Neubearbeitung des gedachten Werkes, unter wesentlicher Erweiterung des praktischen Teils bildet, soll eine eingehende Anleitung zur Ausführung der technischen Gesteinsprüfung geben, wie sie für die Beurteilung der verschiedenen Gesteinsarten und ihrer Varietäten als Hochbau-, Wasserbau- und Straßenbaumaterialien zweckdienlich erscheint.

Da als notwendige Bedingung zur Erzielung technisch verwertbarer Prüfungsergebnisse eine sachgemäße Auswahl des Probematerials erforderlich ist, der Art, daß aus dessen Untersuchung ein Schluß auf die Qualität der gesamten nutzbaren Förderung eines Gesteinsvorkommens abgeleitet werden kann, so bedarf es der vorhergehenden Untersuchung des Bruches hinsichtlich der petrographischen Ausbildungsweise seiner einzelnen Lagen. Eine entsprechende Anleitung hierzu ist in dem ersten Teil des Handbuchs gegeben, wobei zugleich diejenigen tektonischen Verhältnisse in Betracht gezogen worden sind, welche, obschon sie bei den experimentellen Untersuchungen an kleineren Probestücken nicht zur Wahrnehmung gelangen, dennoch für die Qualität des Bruchgesteins von Einfluß sein können.

In den Kapiteln über Festigkeitsprüfungen sind im wesentlichen nur die praktischen Gesichtspunkte berücksichtigt worden, zumal der theo-

retische Teil sich in den Handbüchern der Festigkeitslehre erschöpfend behandelt findet.

Als Beispiele für die Ausführung der Gesteinsprüfung, wie für die Bewertung der gewonnenen Resultate, sind die speziellen Untersuchungen von über 400 Gesteinsvorkommen tabellarisch zusammengestellt und den Anleitungen zur Untersuchung der einzelnen Gesteinsarten beigelegt worden (Teil XVIII bis XXI). Es ist damit zugleich eine Übersicht über die Qualitätsverhältnisse eines großen Teils unserer deutschen Bausteine gegeben.

Da in vielen Fällen die Wetterbeständigkeit der Gesteine sich auch ohne experimentelle Untersuchungen, lediglich auf Grund ihrer äußerlich erkennbaren Eigenschaften, mit einiger Sicherheit beurteilen läßt, so ist dieser rein praktischen Seite der Gesteinsprüfung eine besondere Berücksichtigung zuteil geworden.

Die dem 1908 erschienenen, grundlegenden Werk beigegebenen Tafeln mikrophotographischer Abbildungen von Gesteinsschliffen, mußten hier, wegen der Kostspieligkeit ihrer Herstellung, in beschränkter Auswahl durch Textfiguren ersetzt werden. Auf Anregung von J. Allen Howe, Kurator an der Geological Survey of England, soll jedoch eine Kollektion typischer Dünnschliffe von Gesteinen der verschiedenen Qualitätsklassen im diesseitigen Institut zusammengestellt und den Interessenten als Grundlage für vergleichende mikroskopische Bestimmungen zugänglich gemacht werden.

Bei der Korrektur des Drucksatzes, sowie bei Herstellung des Sach- und Ortsregisters, haben mich die Herren Assistenten Prof. Dr. Tannhäuser und Dr. Burre in dankenswerter Weise unterstützt.

Zu besonderem Dank bin ich auch dem Herrn Verleger verpflichtet, für die bereitwillige Berücksichtigung aller Wünsche hinsichtlich der Ausstattung des Werkes.

Möge dasselbe dazu beitragen, die Kenntnis der natürlichen Bausteine und ihrer zweckmäßigen Verwendungsweise den technischen Kreisen zu vermitteln und andererseits die längst als unzureichend erkannten Gesteinsuntersuchungen der Materialprüfungsanstalten in der Weise auszugestalten, wie es den berechtigten Anforderungen des Baugewerbes und der Steinbruchindustrie entspricht.

Der Verfasser.

Inhalt.

| | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Einleitung | 1 |
| I. Teil. | |
| Die geologische Untersuchung der Steinbrüche zum Zweck der technischen Gesteinsprüfung | 3 |
| Kap. 1. Allgemeine Gesichtspunkte | 3 |
| Kap. 2. Die Verschiedenheit des Gesteinsmaterials innerhalb desselben Bruches | 5 |
| a) Farbe und Färbungsbestandteile | 5 |
| b) Korngröße und Gleichmäßigkeitsgrad der Körnung | 6 |
| c) Vorherrschende, untergeordnete und akzessorische Bestandteile | 6 |
| d) Gesteinsstruktur durch Anordnung der Gemengteile | 6 |
| e) Dichtigkeitsgrad der Gesteine | 7 |
| f) Härte- und Festigkeitsunterschiede | 7 |
| g) Beschaffenheit der Schlagfläche | 7 |
| h) Verwitterungserscheinungen | 8 |
| Kap. 3. Die Aufhebung des Zusammenhanges der Gesteinsmassen durch Absonderung, Zerklüftung bezw. Verwerfung und deren Einfluß auf die Qualität des Gesteins | 9 |
| A. Absonderungsformen | 9 |
| a) Plattenförmige Absonderung | 11 |
| b) Schichtenförmige Absonderung | 12 |
| c) Unregelmäßige polyedrische Absonderung | 13 |
| d) Säulenförmige Absonderung | 13 |
| e) Kugelförmige Absonderung | 15 |
| B. Spalt- und Klüftbildungen | 16 |
| a) Senkungsspalten | 18 |
| b) Einsturzspalten | 18 |
| c) Aufbruchsspalten | 18 |
| d) Faltungsspalten | 19 |
| e) Pressungsspalten | 19 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| C. Spaltungsfähigkeit der Gesteine | 19 |
| D. Die Ablösungs- und Spaltungsformen der Gesteine in ihrem Verhalten gegen Witterungseinflüsse | 21 |
| Kap. 4. Die geologischen Lagerungsformen und ihre Beziehungen zur allgemeinen Strukturausbildung, sowie zu den Ablösungsformen und Spaltbildungen der Gesteine | 23 |
| I. Massige Silikatgesteine | 23 |
| a) Stöcke | 23 |
| b) Kuppen | 25 |
| c) Decken | 26 |
| d) Ströme | 27 |
| e) Gänge | 28 |
| II. Geschichtete kristallinische Silikatgesteine | 28 |
| a) Allgemeine strukturelle und morphologische Ausbildung | 29 |
| b) Lagerungsformen | 29 |
| III. Sedimentäre Gesteine | 31 |
| 1. Allgemeine strukturelle und morphologische Ausbildung | 31 |
| 2. Lagerungsformen | 32 |
| a) Ursprüngliche Lagerung | 32 |
| b) Einseitige Schichtenaufrichtung | 33 |
| c) Sattel- und Muldenbildung | 34 |
| d) Einseitige Zusammenstauchung der Schichten | 36 |
| e) Einfache Verwerfung | 36 |
| f) Überschiebungen | 37 |
| g) Parallele Wiederholung von Verwerfungsspalten | 37 |
| h) Kombination antikliner und synkliner Verwerfungsspalten | 40 |
| i) Konzentrisch-bogenförmige und radiale Verwerfungsspalten | 40 |
| IV. Schlußbemerkungen zu den geologischen Beobachtungen | 41 |
| Kap. 5. Schematische Beispiele für die Beschreibung von Steinbrüchen | 46 |

II. Teil.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Die Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Gesteine (Festigkeit, Härte, Raumgewicht und Wasseraufsaugungsfähigkeit) | 53 |
| Kap. 6. Festigkeitsprüfungen | 53 |
| 1. Die Auswahl des Probematerials und die Herstellung der Probekörper | 53 |
| 2. Rückwirkende oder Druckfestigkeit | 60 |
| 3. Relative oder Biegefestigkeit | 62 |
| 4. Schub- oder Scherfestigkeit | 65 |
| 5. Absolute oder Zugfestigkeit | 66 |
| 6. Beziehungen der verschiedenen Festigkeitswiderstände zu einander | 73 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Kap. 7. Prüfung der Härte und Abnutzbarkeit | 83 |
| A. Härte | 83 |
| B. Abnutzbarkeit | 89 |
| Kap. 8. Bestimmung des Raumgewichts und der Wasseraufsaugungs- fähigkeit | 103 |
| A. Raumgewichtsbestimmung | 103 |
| B. Bestimmung der Wasseraufsaugung | 110 |
| 1. bei schnellem Eintauchen der Probe | 111 |
| 2. bei langsamem Eintauchen der Probe | 112 |
| 3. im Vakuum | 113 |
| 4. bei hohem Druck; Bestimmung des Sättigungskoeffizienten | 114 |
| C. Feststellung der Wasserverteilung in geschichteten Gesteinen und Bestimmung des Verteilungskoeffizienten | 118 |

III. Teil.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Spezielle Methoden der Wetterbeständigkeitsprüfung | 124 |
| Kap. 9. Die chemische Untersuchung der Gesteine | 124 |
| a) Aussonderung bei grobkörnigen Gesteinen aus dem Gesteins- pulver mit Hilfe der Lupe | 127 |
| b) Aussonderung durch Abschlämmen | 127 |
| c) Aussonderung durch Lösungen von hohem spez. Gewicht | 127 |
| d) Desgl. mittels verschieden wirkender Lösungs- bzw. Zersetzungs- mittel | 129 |
| Kap. 10. Die mineralogische Untersuchung der Gesteine nach ihrer äußeren Erscheinungsweise, sowie die qualitative und quantitative mikroskopische Gesteinsanalyse | 139 |
| A. Die Ausstattung des Mikroskops | 142 |
| B. Übersicht der mittels des Mikroskops ausführbaren Be- stimmungen | 148 |
| C. Kurze Erläuterungen zur Ausführung der mikroskopischen Untersuchungsmethoden | 149 |
| a) Allgemeines über die Bestimmung der Gesteinsgemengteile mittels des Mikroskops | 149 |
| b) Anwendung des parallelen polarisierten Lichts zur Auf- lösung des mikroskopischen Bildes usw. (Mikrophotographi- sche Abbildungen. Taf. I—VI) | 152 |
| c) Erkennung amorpher (glasartiger und porodiner) Substanzen in kristallinen Gesteinen | 160 |
| d) Die mikrochemische Untersuchung der Dünnschliffe | 161 |
| e) Ausmessung des Mengenverhältnisses der einzelnen Mineral- bestandteile körniger Gesteine in Dünnschliffen | 163 |
| Kap. 11. Ergänzung der mikroskopischen Untersuchung der Gesteins- struktur durch Färbungsversuche | 172 |
| Färbungstypen der Gesteine | 175 |

| | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Kap. 12. Die Bestimmung der Kornbindungsfestigkeit | 181 |
| A. Beschaffenheit der Bruchfläche | 181 |
| a) Gesteine mit unmittelbarer Kornbindung (kristallinische Gesteine) | 182 |
| b) Gesteine mit mittelbarer Kornbindung (klastische Gesteine) | 183 |
| B. Mikroskopische Bestimmung der Kornbindung | 184 |
| C. Die ziffermäßige Bestimmung der Kornbindungsfestigkeit . . | 184 |
| Kap. 13. Die Bestimmung der Erweichbarkeit der Gesteine im Wasser (Erweichungskoeffizient) | 192 |
| Die Bestimmung des Erweichungskoeffizienten durch Prüfung auf Bohr- und Scherfestigkeit | 196 |
| Kap. 14. Die Prüfung der Gesteine auf ihre Frostbeständigkeit . . | 199 |
| A. Zur Theorie der Frostwirkung | 199 |
| B. Die verschiedenen Porositätstypen und ihre Beziehungen zur Wasseraufnahmefähigkeit der Gesteine (mit Tafel VII) . . . | 210 |
| C. Ungleichheit der Wasseraufsaugung in Richtung parallel und rechtwinklig zur Schichtung der Gesteine | 214 |
| D. Beispiele für die Bestimmung der Porositätstypen der Gesteine nach Maßgabe ihrer Wasseraufsaugung unter verschiedenen äußeren Bedingungen | 215 |
| E. Die Ausführung der theoretischen Frostprüfung | 220 |
| F. Die Ausführung der experimentellen Frostprüfung | 227 |
| G. Die Zuverlässigkeit der experimentellen Frostprüfung für die Beurteilung der Gesteinsqualität | 229 |
| 1. Die Wasseraufnahme der Bausteine unter der Einwirkung der meteorischen Niederschläge | 229 |
| 2. Die Häufigkeit des Wechsels von Frost- und Tautemperatur in unserem Klima | 243 |
| 3. Schlußfolgerung aus der experimentellen Frostprüfung . . | 246 |

IV. Teil.

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Die Verwitterungs-Agentien und ihr Einfluß auf die natürlichen Bausteine | 248 |
| Kap. 15. Allgemeine Gesichtspunkte für die Erforschung der Verwitterungsursachen | 248 |
| Kap. 16. Die chemische Zusammensetzung der Luft, der meteorischen Niederschläge, des Grundwassers, Fluß- und Meerwassers | 250 |
| Kap. 17. Die Wirkung des Wassers auf die Bestandteile der natürlichen Gesteine | 261 |
| a) Die Löslichkeit der gesteinsbildenden Mineralien in Wasser | 261 |
| b) Die chemische Wirkung des Wassers und der in ihm gelösten Stoffe auf die gesteinsbildenden Mineralien | 267 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Die chemische Wirkung des Regen- und Schneewassers | 268 |
| 2. Die chemische Wirkung der Bodenfeuchtigkeit und des Grundwassers | 270 |
| 3. Die chemische Wirkung des Flußwassers | 271 |
| 4. Die chemische Wirkung des Meerwassers | 271 |
| c) Die Erweichung der Gesteine durch Wasser und die Bedeutung dieses Vorganges für den Verwitterungsprozeß | 272 |
| Kap. 18. Die Verwitterungsfähigkeit der wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien | 279 |
| A. Wesentliche Bestandteile der Gesteine | 283 |
| B. Nebenbestandteile der Gesteine | 291 |
| Kap. 19. Der Einfluß des Frostes auf die Gesteinsverwitterung | 293 |
| Zusammenfassende Betrachtungen über die maßgebenden Faktoren für die Frostbeständigkeit der Gesteine | 297 |
| Kap. 20. Die Wirkung der Sonnenwärme bei der Gesteinsverwitterung | 299 |
| Kap. 21. Der Einfluß der Festigkeit der Gesteine auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse | 304 |
| Kap. 22. Die Wirkung der auf den Gesteinen sich ansiedelnden niederen pflanzlichen Organismen | 307 |
| Kap. 23. Zusammenfassende Betrachtungen über die allgemeinen Bedingungen der Wetterbeständigkeit natürlicher Bausteine | 314 |
| a) Gesteine mit unmittelbarer Kornbindung | 315 |
| b) Gesteine mit mittelbarer Kornbindung | 316 |
| Kap. 24. Dauerversuche zur Ermittlung der Verwitterungsfähigkeit der Gesteine innerhalb bestimmter Zeiträume | 320 |
| A. Bisherige Versuche | 320 |
| B. Vorschläge zu weiteren Versuchen | 326 |

V. Teil.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Die Bewertung des Einflusses, den die verschiedenen Eigenschaften der Gesteine auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse ausüben | 331 |
| Kap. 25. Die ziffernmäßige Bestimmung der Gesteinseigenschaften | 331 |
| Kap. 26. Die Klassifikation der Gesteine nach ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse | 333 |
| Tabelle zur Klassifikation der natürlichen Bausteine | 339 |
| Über den Gebrauch der Klassifikationstabelle zur Bestimmung der Beständigkeitsklasse von Gesteinsproben aus Hochbauten, Wasserbauten usw. | 344 |

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Kap. 27. | Die Beziehungen zwischen den bezifferten Eigenschaften der Gesteine und ihrem Wetterbeständigkeitsgrade . . . | 347 |
| Kap. 28. | Die Begründung einer wissenschaftlichen Methode für die Wetterbeständigkeitsprüfung der Gesteine | 354 |

VI. Teil.

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Die Sandsteine und ihre Prüfung | 360 |
| Kap. 29. Allgemeine petrographische Charakteristik | 360 |
| Kap. 30. Die Mikrostruktur der Sandsteine | 364 |
| Kap. 31. Chemische Zusammensetzung | 372 |
| 1. Sandstein-Analysen | 372 |
| 2. Zusammenfassende Resultate | 386 |
| a) Minimal- und Maximalwerte der chemischen Bestandteile verschiedener Qualitätsklassen | 386 |
| b) Das Mengenverhältnis der körnigen Bestandteile und der Zwischenmasse | 387 |
| c) Die chemische Zusammensetzung der Zwischenmasse | 388 |
| Kap. 32. Die Verwitterung der Sandsteine | 390 |
| A. Chemische Verwitterung | 390 |
| B. Mechanische Verwitterung | 392 |
| C. Das Fortschreiten und die äußere Erscheinungsweise der Sandsteinverwitterung | 394 |
| Kap. 33. Spezielle Prüfungsmethoden | 407 |
| A. Mikroskopische Bestimmung und Ausmessung der Kornbindung | 407 |
| B. Mikroskopische Untersuchung des Bindemittels | 409 |
| C. Die Kornbindungsfestigkeit und ihre Verminderung durch Wassereinwirkung | 416 |
| D. Bestimmung der Porositätsverhältnisse (Porositäts-, Sättigungs- und Verteilungskoeffizient) | 418 |
| E. Färbungsversuche zur Ermittlung der allgemeinen Strukturverhältnisse | 420 |
| F. Die Frostprüfung | 422 |
| 1. Theoretische Bestimmung des Frostbeständigkeitsgrades | 422 |
| 2. Experimentelle Frostprüfung | 423 |
| G. Die chemische Untersuchung der Sandsteine | 426 |
| a) Bedeutung der chemischen Analyse für die Wetterbeständigkeitsprüfung | 426 |
| b) Gang der Sandstein-Analyse | 428 |
| Kap. 34. Die systematische Ausführung der Prüfung | 430 |
| Kap. 35. Bewertung der Prüfungsergebnisse | 434 |
| A. Zusammenstellung der Strukturelemente und ihre Signaturen | 434 |
| B. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen | 438 |
| C. Schemata zur Klassifikation der Sandsteine | 452 |
| D. Beispiele für die Bewertung der Sandsteine | 466 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Kap. 37 ¹⁾ . Anleitung zur praktischen Beurteilung der Sandsteine nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften und ihrer Erscheinungsweise im Steinbruch | 472 |
| Beurteilung der Wetterbeständigkeit des Gesteins nach Maßgabe seiner Oberflächenbeschaffenheit im Steinbruch | 482 |

VII. Teil.

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Die Grauwacken und ihre Prüfung | 485 |
| Kap. 38. Allgemeine petrographische Charakteristik | 485 |
| Kap. 39. Die Mikrostruktur der Grauwacken | 486 |
| Kap. 40. Chemische Zusammensetzung | 487 |
| 1. Grauwacken-Analysen | 487 |
| 2. Zusammenfassende Resultate | 493 |
| Kap. 41. Spezielle Prüfungsmethoden | 494 |
| A. Mikroskopische Bestimmung und Ausmessung der Kornbindung | 494 |
| B. Mineralogische Zusammensetzung des Bindemittels und Strukturtypen desselben | 495 |
| C. Die Kornbindungsfestigkeit und ihre Verminderung durch Wassereinwirkung | 495 |
| D. Bestimmung der Porositätsverhältnisse und die Frostprüfung | 496 |
| E. Färbungsversuche zur Ermittlung der allgemeinen Strukturverhältnisse | 496 |
| F. Chemische Untersuchung | 496 |
| 1. Die Bedeutung der chemischen Analyse für die Wetterbeständigkeitsprüfung | 496 |
| 2. Gang der Analyse | 497 |
| Kap. 42. Die systematische Ausführung der Prüfung | 498 |
| Kap. 43. Bewertung der Prüfungsergebnisse | 499 |
| A. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen | 499 |
| B. Schemata zur Qualitätsbestimmung der Grauwacken | 503 |
| Kap. 44. Anleitung zur praktischen Beurteilung der Grauwacken nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften | 506 |

VIII. Teil.

| | |
|---------------------------------------------------------------------|------------|
| Die Kalksteine, Dolomite und Marmorarten, sowie ihre Prüfung | 508 |
| Kap. 45. Allgemeine petrographische Charakteristik | 508 |
| Kap. 46. Die Mikrostruktur der Kalksteine usw. | 510 |

¹⁾ Die Kapitelnummer 36 ist vom Setzer versehentlich übersprungen worden.

| | Seite |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Kap. 47. Chemische Zusammensetzung | 522 |
| 1. Kalksteinanalysen | 522 |
| a) Der Gesamtgehalt an Karbonaten und das Mengenverhältnis von Kalzium- und Magnesiumkarbonat | 530 |
| b) Der Gehalt an Ton, Kieselsäure, organischer Substanz und Eisenkies | 531 |
| Kap. 48. Die Verwitterung der Kalksteine | 535 |
| Kap. 49. Spezielle Prüfungsmethoden | 538 |
| A. Mikroskopische Bestimmung der Struktur- und Kornbindung | 538 |
| B. Die Kornbindungsfestigkeit und ihre Verminderung durch Wassereinwirkung | 538 |
| C. Färbungsversuche zur Ermittlung der allgemeinen Struktur- verhältnisse | 540 |
| D. Bestimmung der Porositätsverhältnisse und Frostprüfung . | 543 |
| E. Die chemische Untersuchung der Kalksteine | 543 |
| Kap. 50. Die systematische Ausführung der Prüfung | 545 |
| Kap. 51. Bewertung der Prüfungsergebnisse | 549 |
| A. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen | 549 |
| B. Schemata zur Klassifikation der Kalksteine | 571 |
| Kap. 52. Anleitung zur praktischen Beurteilung der Kalksteine und Marmorarten nach ihren äußerlich erkennbaren Eigen- schaften und ihrer Erscheinungsweise im Steinbruch . . | 583 |
| Beurteilung der Wetterbeständigkeit des Gesteins nach Maßgabe seiner Oberflächenbeschaffenheit im Steinbruch | 589 |

IX. Teil.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Die Dachschiefer einschließlich der Tonschiefer im allgemeinen und ihre Prüfung | 592 |
| Kap. 53. Allgemeine petrographische Charakteristik | 592 |
| Kap. 54. Die Mikrostruktur der Dachschiefer | 594 |
| 1. Allgemeine Übersicht der Strukturtypen | 598 |
| 2. Schematische Zusammenstellung der Strukturelemente und ihre Signaturen | 599 |
| Kap. 55. Chemische Zusammensetzung | 600 |
| 1. Analysen | 600 |
| 2. Zusammenfassung der Resultate der chemischen Analyse . . | 608 |
| Kap. 56. Die äußeren Verwitterungserscheinungen der Dachschiefer und die Klassifikation derselben nach Maßgabe ihres Wetterbeständigkeitsgrades | 613 |
| Kap. 57. Spezielle Prüfungsmethoden | 617 |
| A. Mikroskopische Bestimmung der Strukturverhältnisse . . . | 617 |
| B. Die Prüfung der Härte und ihrer Verminderung durch Wasser- einwirkung (Erweichungskoeffizient) | 617 |

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| | C. Die Bestimmung der Porositätsverhältnisse und die Frostprüfung | 618 |
| | D. Die Prüfung der Dachschiefer durch Erhitzen | 621 |
| | E. Chemische Untersuchung der Dachschiefer | 622 |
| Kap. 58. | Die systematische Ausführung der Prüfung | 624 |
| Kap. 59. | Bewertung der Prüfungsergebnisse | 625 |
| | A. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen | 625 |
| | B. Schemata zur Klassifikation der Dachschiefer | 632 |
| | C. Beispiel für die Bewertung der Dachschiefer | 640 |
| Kap. 60. | Anleitung zur praktischen Beurteilung der Dachschiefer nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften und ihrer Erscheinungsweise im Steinbruch | 641 |
| | Beurteilung des Wetterbeständigkeitsgrades der Dachschiefer nach Maßgabe ihrer Erscheinungsweise im Steinbruch | 644 |

X. Teil.

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| | Die Granite und ihre Prüfung | 646 |
| Kap. 61. | Allgemeine petrographische Charakteristik | 646 |
| | Tektonische Ausbildung | 647 |
| Kap. 62. | Allgemeine Gesichtspunkte für die Prüfung der kristallinen Silikatgesteine | 648 |
| Kap. 63. | A. Die Mikrostruktur der Granite und ihre Verwitterbarkeit . | 651 |
| | B. Einfluß der tektonischen Ausbildung der Granite auf ihre Verwitterbarkeit | 657 |
| Kap. 64. | Spezielle Prüfungsmethoden | 658 |
| | A. Bestimmung der Verwitterungstypen des Feldspats in den kristallinen Silikatgesteinen | 658 |
| | B. Die für die Prüfung der Granite in Betracht kommenden Strukturelemente und ihre Signatur | 665 |
| | C. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen | 666 |
| | D. Porosität und Wasseraufsaugung | 669 |
| | E. Die chemische Untersuchung der Granite | 671 |
| Kap. 65. | Die systematische Ausführung der Prüfung | 671 |
| | Schemata zur Qualitätsbestimmung der Granite | 673 |
| Kap. 66. | Anleitung zur praktischen Beurteilung der Granite nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften und ihrer Erscheinungsweise im Steinbruch | 677 |

XI. Teil.

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| | Die Gneise, Glimmerschiefer und die ihnen verwandten Gesteine, sowie ihre Prüfung | 680 |
| Kap. 67. | Allgemeine petrographische Charakteristik | 680 |
| | A. Gneis | 680 |
| | B. Glimmerschiefer | 682 |

| | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Kap. 68. | Die Mikrostruktur der Gneise und kristallinen Schiefer, sowie die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit . . . | 683 |
| Kap. 69. | A. Die für die Prüfung der Gneise und kristallinen Schiefer in Betracht kommenden Strukturelemente nebst deren Signatur | 685 |
| | B. Beispiele für die Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen | 686 |
| Kap. 70. | Schemata zur Bewertung der Strukturtypen des Gneises und der kristallinen Schiefer | 689 |

XII. Teil.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Die Syenite, Diorite, Diabase und die ihnen verwandten Gesteine, sowie ihre Prüfung | 692 |
| Kap. 71. Allgemeine petrographische Charakteristik | 692 |
| A. Syenit | 692 |
| B. Diorit | 692 |
| C. Diabas | 693 |
| D. Gabbro | 693 |
| Kap. 72. A. Die Mikrostruktur der körnigen Hornblende- und Augitgesteine, sowie die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit . | 694 |
| B. Beispiele für die Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen | 698 |

XIII. Teil.

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Die Porphyre und ihre Prüfung | 700 |
| Kap. 73. Allgemeine petrographische Charakteristik | 700 |
| Kap. 74. A. Die Mikrostruktur der Porphyre und die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit | 702 |
| a) Porphyre mit mikrokristalliner Grundmasse | 703 |
| b) Porphyre mit kryptokristalliner bis dichter, hornsteinartiger Grundmasse | 704 |
| B. Die äußeren Verwitterungserscheinungen der Porphyre . . | 706 |
| Kap. 75. Spezielle Prüfungsmethoden | 707 |
| A. Die für die Prüfung der Porphyre und Porphyrtuffe in Betracht kommenden Strukturelemente und ihre Signatur . . | 707 |
| B. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen | 708 |
| C. Die Porosität und Wasseraufsaugung | 713 |
| D. Die chemische Untersuchung der Porphyre | 713 |
| Kap. 76. A. Die systematische Ausführung der Prüfung | 716 |
| B. Schemata zur Qualitätsbestimmung der porphyrischen Gesteine | 717 |
| Kap. 77. Anleitung zur praktischen Beurteilung der Porphyre nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften und ihrer Erscheinungsweise im Steinbruch | 719 |

XIV. Teil.

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Die Trachyte, Rhyolite und Andesite, sowie ihre Prüfung | 722 |
| Kap. 78. Allgemeine petrographische Charakteristik | 722 |
| Kap. 79. Die Mikrostruktur der Trachyte, Rhyolite und Andesite, sowie die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit | 723 |
| Kap. 80. A. Die für die Prüfung der Trachyte, Rhyolite und Andesite in Betracht kommenden Strukturelemente und ihre Signatur | 725 |
| B. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Struktur- typen | 726 |
| Kap. 81. Die systematische Ausführung der Prüfung | 730 |

XV. Teil.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Die Basalte und Basaltlaven, sowie ihre Prüfung | 732 |
| Kap. 82. Allgemeine petrographische Charakteristik | 732 |
| Kap. 83. A. Die Mikrostruktur der Basalte und die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit | 733 |
| a) Mikrostruktur der Grundmasse | 733 |
| b) Ausbildung des Augits in der Grundmasse | 734 |
| c) Mengenverhältnis der Grundmasse zu den größeren Kristall- ausscheidungen | 734 |
| B. Die chemische Zusammensetzung der Basalte und die Ver- witterbarkeit ihrer Gemengteile | 736 |
| C. Die „Sonnenbrenner“ und ihre Erkennung | 739 |
| Kap. 84. Spezielle Prüfungsmethoden | 741 |
| A. Die für die Prüfung der Basalte in Betracht kommenden Strukturelemente und ihre Signatur | 741 |
| B. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Struktur- typen | 743 |
| C. Die Prüfung der Basalte auf ihre Eigenschaft als „Sonnen- brenner“ | 749 |
| D. Schemata zur Qualitätsbestimmung der Basalte und Basaltlaven | 752 |
| Kap. 85. Die systematische Ausführung der Prüfung | 756 |
| Kap. 86. Anleitung zur praktischen Beurteilung der Basalte nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften und ihrer Er- scheinungsweise im Steinbruch | 757 |
| Beurteilung der Wetterbeständigkeit des Gesteins nach Maßgabe seiner Erscheinungsweise im Steinbruch | 759 |

XVI. Teil.

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Die Schalsteine und ihre Prüfung | 760 |
| Kap. 87. A. Allgemeine petrographische Charakteristik | 760 |
| B. Die Mikrostruktur der Schalsteine und die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit | 760 |
| C. Die chemische Zusammensetzung der Schalsteine | 763 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Kap. 88. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen | 763 |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|

XVII. Teil.

| | |
|----------------------------------------------------------|------------|
| Die vulkanischen Tuffe und ihre Prüfung | 766 |
|----------------------------------------------------------|------------|

| | |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| Kap. 89. A. Allgemeine petrographische Charakteristik | 766 |
|-----------------------------------------------------------------|-----|

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| B. Die Mikrostruktur der vulkanischen Tuffe und die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit | 767 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| C. Die für die Prüfung der vulkanischen Tuffe in Betracht kommenden Strukturelemente und ihre Signatur | 769 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

| | |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| D. Die chemische Zusammensetzung der Tuffsteine | 770 |
|-----------------------------------------------------------|-----|

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| E. Die Wasseraufsaugungsfähigkeit, Festigkeit und Frostbeständigkeit der Tuffsteine | 771 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Kap. 90. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen | 772 |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabellarische Zusammenstellung systematischer Untersuchungen natürlicher Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit (Vorbemerkung zu Teil XVIII—XXI) | 776 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

XVIII. Teil.

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| Sandstein-Untersuchungen, tabellarische Zusammenstellung | 778 |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|

XIX. Teil.

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| Grauwacken-Untersuchungen, tabellarische Zusammenstellung | 839 |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|

XX. Teil.

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| Kalkstein-Untersuchungen, tabellarische Zusammenstellung | 853 |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|

XXI. Teil.

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Dachschiefer-Untersuchungen, tabellarische Zusammenstellung | 881 |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|

| | |
|------------------------|-----|
| Sachregister | 905 |
|------------------------|-----|

| | |
|------------------------|-----|
| Ortsregister | 914 |
|------------------------|-----|

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Druckfehlerberichtigung | 923 |
|-----------------------------------|-----|

Einleitung.

Die Prüfung der natürlichen Gesteine auf ihre Verwendbarkeit für bautechnische Zwecke zerfällt in folgende Teile:

1) Untersuchung der geologischen Ausbildung des Gesteins im Bruch, unter Berücksichtigung der allgemeinen Beschaffenheit des Materials und seines Gleichmäßigkeitsgrades in den verschiedenen Lagen, der Mächtigkeit der einzelnen Bänke, der etwaigen örtlichen Veränderung durch metamorphe und dynamische Vorgänge, wie insbesondere der Stärke der Verwitterungsrinde, der sog. „Schwarte“, und der Aufhebung des Lagerungs-Zusammenhanges durch Ablösungsfugen und Druckklüfte bezw. Verwerfungen;

2) Prüfung der Festigkeit, Härte und Sprödigkeit des Gesteins, um dessen Widerstandsfähigkeit gegenüber der mechanischen Beanspruchung im Bauwerk zu bestimmen und seine Bearbeitungsfähigkeit sowie andererseits seine Abnutzbarkeit bei Verwendung als Pflastermaterial beurteilen zu können;

3) Prüfung des Gesteins auf alle diejenigen Eigenschaften, welche den Grad seiner Wetterbeständigkeit bedingen.

Die zu 1 und 2 genannten Untersuchungen lassen sich nach den Regeln der praktischen Geologie bezw. auf Grund der in den Materialprüfungsanstalten seit langem geübten Methoden in verhältnismäßig einfacher Weise bewerkstelligen.

Dagegen erfordern die Wetterbeständigkeitsbestimmungen die Ausführung mannigfacher Versuche, als deren wichtigste hervorzuheben sind: die Feststellung der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung der Gesteine, ihrer mikroskopischen Textur- und Strukturverhältnisse, wie insbesondere der Art und Intensität der Kornbindung, ihrer Porositätsverhältnisse, der Wasseraufsaugungsfähigkeit, der Wassererweichung des Materials, der etwaigen Ausschlämbarkeit einzelner Bestandteile und der Widerstandsfähigkeit des Gesteins gegen Frostwirkung.

Auf Grund dieser Untersuchungen und gemäß der auf empirischem Wege gewonnenen Kenntnis der Beziehungen, welche zwischen den be-

züglichen Eigenschaften der Gesteine und ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung der Atmosphärien bestehen, ist eine zuverlässige Beurteilung des Wetterbeständigkeitsgrades der einzelnen Gesteinsarten und ihrer verschiedenen Ausbildungsformen zu ermöglichen.

Es handelt sich somit hierbei lediglich um eine praktische Erfahrungswissenschaft, welche durch umfangreiche Untersuchungen des aus alten Bauwerken entnommenen Gesteinsmaterials nach seiner ursprünglichen Beschaffenheit und seinen im Laufe bestimmter Zeiträume erlittenen Veränderungen begründet worden ist.

Da die korrekte Ausführung der bezüglichen Methoden, wie die sachgemäße Beurteilung der gewonnenen Ergebnisse, eine vollkommene Beherrschung dieses wichtigen Zweiges der Materialprüfung erheischt, so wird die eingehende Darlegung desselben den Hauptteil des vorliegenden Handbuches bilden.

I. Teil.

Die geologische Untersuchung der Steinbrüche zum Zweck der technischen Gesteinsprüfung.

Kapitel 1.

Allgemeine Gesichtspunkte.

1. Die geologische Ausbildung eines Gesteinsvorkommens ist von mannigfacher Bedeutung für die Beurteilung der in den Materialprüfungsanstalten gewonnenen Untersuchungsergebnisse und läßt namentlich erkennen, inwieweit die, an kleineren Probestücken erhaltenen Resultate für die Gesamtförderung des Bruches Geltung besitzen.

Es ist den Fachleuten hinlänglich bekannt, daß jede sedimentäre Gesteinsablagerung aus einem System paralleler Schichten von mehr oder weniger beträchtlicher Mächtigkeit und Verschiedenheit der petrographischen Ausbildung besteht. Auch die unmittelbar aufeinander folgenden, nur durch dünne Zwischenlagen getrennten Bänke gleichartigen Gesteins zeigen mancherlei strukturelle Abweichungen, als da sind: Verschiedenheit der Porosität und Festigkeit, ungleiche Ausbildung der Parallelstruktur bezw. Schieferung, Verschiedenheit der Korngröße wie des Gehalts und der substantiellen Beschaffenheit des Bindemittels.

Alle diese Verhältnisse können die Wetterbeständigkeit des Gesteins in erheblichem Maße beeinflussen. Da aber nur selten Gesteinsbänke von durchaus gleichartiger Struktur in einer Mächtigkeit von mehr als 1 bis 2 m auftreten, so wird es erklärlich, daß fast alle Steinbrüche ein nach Ausbildung und Qualität mehrfach verschiedenes Material liefern.

2. Auch bei den eruptiven Gesteinsarten, obgleich dieselben in größerer Mächtigkeit als die sedimentären eine gleichartige Ausbildung zeigen, ist häufig eine allmähliche Änderung der Zusammensetzung und Struktur zu beobachten. Teils finden sich inmitten des Gesteinsstockes

unregelmäßig verlaufende, schlierenartige Partien von abweichender Beschaffenheit, teils ändert sich die Ausbildung des Gesteins mit der Tiefe, in der namentlich auch eine Abnahme der in den oberen Lagen auftretenden Verwitterung, sowie der hier häufig ausgebildeten Ablösungsfugen stattfinden kann.

3. Wenn trotz aller dieser Verhältnisse die Prüfungsanstalten sich bisher mit der Untersuchung einer geringen Anzahl der von den Bruchbesitzern eingesandten Gesteinsproben begnügten, so ist es wohl in erster Linie diesem Verfahren zuzuschreiben, daß die auf Grund solcher Versuche ausgestellten Prüfungszeugnisse in bautechnischen Kreisen im allgemeinen nicht diejenige Wertschätzung erfahren, welche die Ergebnisse einer sachgemäßen Gesteinsuntersuchung mit Recht in Anspruch nehmen dürfen.

4. Soll deshalb das Prüfungsergebnis eines Gesteinsvorkommens nicht nur für die untersuchten Probestücke, sondern für das gesamte in dem betreffenden Bruch geförderte Material gelten — und nur wenn dies der Fall ist, hat die Prüfung eine praktische Bedeutung —, dann erscheint es unerlässlich, daß sämtliche als verschiedenartig sich erweisende Gesteinslagen des Bruches einer gesonderten Untersuchung unterzogen werden.

5. Aber nicht nur die Ungleichmäßigkeit des Materials innerhalb desselben Bruches ist es, worauf bei der technischen Gesteinsuntersuchung Rücksicht zu nehmen ist, sondern auch mancherlei andere Verhältnisse — wie die Zersetzungserscheinungen entlang den Bruchklüften und diese selbst, welche den Zusammenhang der Gesteinsmasse in der mannigfachsten Weise beeinträchtigen — können für die Beurteilung der Gesteinsqualität von maßgebendem Einfluß sein.

So finden sich innerhalb stark dislozierter Gebirgsmassen nicht selten Schollen von so beträchtlicher Zerklüftung, daß sich nur schwer größere, völlig stichfreie Werkstücke daraus gewinnen lassen, obgleich die Untersuchung des Materials in kleineren Probestücken ein vorzügliches Resultat hinsichtlich der Zusammensetzung, Struktur, Festigkeit und Wetterbeständigkeit liefern kann. Auch an den bearbeiteten Werkstücken sind die feineren Risse, zumal wenn sie eine nachträgliche Zementierung im Gebirge erfahren haben, schwer erkennbar; aber schon nach wenigen Jahren der Verwendung können derartige Materialien der Frostwirkung erliegen. Nur die sachgemäße Untersuchung des Steinbruchs vermag derartige Verhältnisse, die sich der Wahrnehmung an kleineren Probestücken völlig entziehen, mit Sicherheit festzustellen, und es wird eine solche Untersuchung überdies ergeben, in welchem

Umfange die experimentelle Prüfung des Gesteins aus den einzelnen Lagen zu erfolgen hat, um ein Urteil über die Qualität der Gesamtförderung zu ermöglichen.

Im nachfolgenden soll eine Darlegung derjenigen geologischen Erscheinungen gegeben werden, welche bei der Untersuchung von Steinbrüchen für den vorliegenden Zweck vorzugsweise zu berücksichtigen sind.

Kapitel 2.

Die Verschiedenartigkeit des Gesteinsmaterials innerhalb desselben Bruches.

6. Um festzustellen, in welchem Umfange die Entnahme von Gesteinsproben für die Ausführung der Untersuchung in den Prüfungsanstalten erforderlich ist, bedarf es zunächst einer Bestimmung der innerhalb desselben Bruches auftretenden verschiedenen Abänderungen des Materials.

Hierbei sind folgende Gesteinseigenschaften in Betracht zu ziehen, soweit dieselben nach ihrer äußeren Erscheinungsweise, bezw. mit Hilfe der Lupe zu erkennen sind:

a) Farbe und Färbungsbestandteile.

7. Bei kristallinen Silikatgesteinen wird die Farbe durch einzelne, meist deutlich hervortretende Gemengteile bedingt, wie z. B. durch weißen, grauen oder roten Feldspat, silbergrauen oder schwarzen Glimmer, weißen, grauen oder bläulichen Quarz, dunkle Hornblende oder Augit. Mit der Farbenänderung dieser Gesteine ist deshalb meist auch eine quantitativ verschiedene Zusammensetzung derselben verbunden. Sedimentäre Gesteine sind häufig durch Eisenoxyd rot, durch Eisenocker gelb, durch bituminöse oder kohlige Substanzen schwarz oder durch Glaukonit grün gefärbt. Die Färbung kann entweder gleichmäßig oder in Streifen bezw. Flecken auftreten, und nicht selten zeigen die verschiedenartig gefärbten Partien auch eine etwas abweichende Struktur als Folge der Anhäufung bezw. des Zurücktretens der färbenden Bestandteile.

b) Korngröße und Gleichmäßigkeitsgrad der Körnung.

8. Man unterscheidet großkörnige, grob-, mittel-, klein- und feinkörnige Gesteine, die entweder gleich- oder ungleichkörnig ausgebildet sein können. Mit der Korngröße ändert sich nicht selten die Qualität der Kornbindung. Auch die scheinbar dichten d. h. homogenen Gesteine erweisen sich übrigens in den meisten Fällen als mikrogranulöse Aggregationen, deren strukturelle Verhältnisse jedoch erst mit Hilfe des Mikroskops erkennbar sind.

c) Vorherrschende, untergeordnete und akzessorische Bestandteile.

9. Die gemengten Gesteinsarten zeigen mitunter ein so ungleiches quantitatives Verhältnis der einzelnen Mineralbestandteile, daß die letzteren als vorherrschende und untergeordnete unterschieden werden können. Dieses Verhältnis kann sich aber innerhalb derselben Gesteinsmasse in dem Maße ändern, daß untergeordnete Bestandteile stellenweise zu vorherrschenden werden, womit dann meist auch wesentliche Strukturunterschiede verbunden sind.

Neben den wesentlichen Gemengteilen einer Gesteinsart treten mitunter auch Nebenbestandteile, sogenannte „akzessorische“, und zwar in mehr oder weniger gleichmäßiger Verteilung, im Gestein auf, die bei der Beurteilung desselben namentlich dann zu berücksichtigen sein werden, wenn sie leicht zersetzbar sind und insbesondere, wenn hierbei chemisch aktive Bestandteile abgeschieden werden, wie dies z. B. für den häufig vorkommenden Eisenkies gilt.

d) Gesteinsstruktur durch Anordnung der Gemengteile.

10. Die regellose Anordnung der Gemengteile bedingt die massige Struktur, die parallele Anordnung dagegen die geschichtete Struktur, welche letztere ebenflächig, wellig oder flasrig und dabei dünn- bis dickschichtig ausgebildet sein kann. In der Regel entspricht die Strukturschichtung der bankförmigen Ausbildung des Gesteins; seltener schneidet sie die Lagerflächen unter gleichem oder ungleichem Winkel: gleichförmige oder ungleichförmige Diagonalschichtung¹⁾.

¹⁾ In der Geologie wird die bankförmige Ausbildung der sedimentären Gesteine als „Schichtung“ bezeichnet, in der Technik dagegen auch die Parallelstruktur des Gesteins. Man hat demnach zwischen schichtenförmiger Lagerung und geschichteter Struktur zu unterscheiden. Mit der ersteren ist nicht immer eine Parallelstruktur des Gesteins verbunden, während die letztere nur bei schichtenförmiger Lagerung auftritt.

e) Dichtigkeitsgrad der Gesteine.

Skizze fracture

11. Je nachdem die Gemengteile der Gesteine mehr oder weniger innig miteinander verwachsen sind, unterscheidet man eine kompakte oder lockere Kornbindung bezw. Textur.

Unabhängig hiervon können die Gesteine in den einzelnen Lagen eine dichte, poröse oder kavernöse Struktur besitzen.

Im übrigen können strukturelle Differenzierungen aber noch in mannigfacher Weise entstehen, wie durch das Auftreten sog. „Sandlöcher“ in Sandsteinen, durch Muscheleinlagerungen in Kalksteinen usw.

f) Härte- und Festigkeitsunterschiede.

12. Dieselben kommen für die hier in Rede stehenden Untersuchungen nur insofern in Betracht, als die Unterschiede der Härte durch Ritzversuche mittels der Stahlnadel, die der Festigkeit durch Zerschlagen des Gesteins mit dem Hammer erkannt werden können.

Die gedachte Härteprüfung setzt eine homogene Beschaffenheit des Gesteins voraus. Sie kann daher lediglich an einfachen oder mikrogranulösen Gesteinen ausgeführt werden, läßt aber bis zu einem gewissen Grade erkennen, inwieweit z. B. Kalksteine oder Tonschiefer durch größeren Tongehalt und andererseits durch Kieselinfiltration voneinander abweichen.

Durch Zerschlagen des Gesteins mit dem Hammer oder durch Zerbrechen dünnerer Gesteinsstücke können einigermaßen beträchtliche Festigkeitsunterschiede sehr wohl erkannt werden, und es dürften sich bei weicheren Gesteinen Druckfestigkeits-Differenzen von 100 kg pro qcm, bei mittelharten Gesteinen von 200 kg auf diese Weise noch mit ziemlicher Sicherheit feststellen lassen.

g) Beschaffenheit der Schlagfläche.

13. Neben der Festigkeit wird man auch auf die Beschaffenheit der Schlagfläche Rücksicht zu nehmen haben. Dieselbe kann eben, muschelrig, körnig oder hackig sein, und es geben sich überdies auch anderweitige Strukturverhältnisse, wie namentlich die verschiedene Ausbildung der Schichtung und Schieferung beim Zerschlagen des Gesteins zu erkennen.

Scheinbar gleichartiges Gestein der einzelnen Bänke kann sich nach dieser Richtung von erheblicher Verschiedenheit erweisen.

h) Verwitterungserscheinungen.

14. Fast alle Gesteinsvorkommen zeigen in ihren oberen Lagen, der sog. „Schwarte“, eine mehr oder weniger beträchtliche Verwitterung, welche zu förmlicher Auflockerung des Gefüges führen kann. An kristallinen Silikatgesteinen ist die beginnende Umwandlung daran zu erkennen, daß die in frischem Zustande glänzenden und durchscheinenden Gemengteile, wie z. B. der Feldspat, mehr oder weniger matt und trübe erscheinen, dabei auch an Härte beträchtlich eingebüßt haben. Ebenso werden Hornblende und Augit matt und erdig; Glimmer zeigt eine deutliche Aufblätterung und einen metallartigen Glanz. An Ausscheidungsprodukten, welche die Gesteinsmasse färben, ist namentlich Eisenocker zu erwähnen. Überdies treten auch Karbonatbildungen auf, die daran zu erkennen sind, daß das Silikatgestein mit Säuren aufbraust.

An sedimentären Gesteinen macht sich die Verwitterung außer durch Verminderung der Festigkeit, vielfach ebenfalls durch Ausscheidung von Eisenocker bemerkbar.

Neben den gedachten Veränderungen in den oberen Lagen können sich die betreffenden Verwitterungserscheinungen auch entlang den Spalten und Klüften des Gesteins bis zu beträchtlicher Tiefe fortsetzen, und es wird alsdann zu bestimmen sein, in welcher Entfernung von den Spalten eine Umwandlung des Gesteins stattgefunden hat.

15. Durch Untersuchung eines Gesteinsvorkommens auf alle die in Abs. 6—14 angeführten Eigenschaften wird sich feststellen lassen, welche verschiedenen Ausbildungsformen das Material innerhalb des Bruches zeigt, und in welchem Umfange daher Proben für die bezügliche Prüfung den Materialprüfungsanstalten einzusenden sind. Die seitens derselben auszuführende mikroskopische Strukturuntersuchung dieser Proben wird alsdann des weiteren ergeben, inwieweit die äußeren Unterschiede von Bedeutung für die Qualität der Gesteine sind, und an welchen Proben demgemäß eine eingehende Prüfung durchzuführen ist, um die Bewertung des gesamten Vorkommens zu ermöglichen.

16. Von wesentlicher Bedeutung hierbei ist aber auch die morphologische Ausbildung des Gesteins, wie namentlich die Art der Absonderungsformen bzw. Zerspaltungen, und es sollen diese Verhältnisse daher in den folgenden Kapiteln eingehender erörtert werden.

Kapitel 3.

Die Aufhebung des Zusammenhanges der Gesteinsmassen durch Absonderung, Zerklüftung bzw. Verwerfung und deren Einfluß auf die Qualität des Gesteins ¹⁾.

17. Die massigen Felsarten wie die einzelnen Bänke der geschichteten Gesteine lassen auf größeren entblößten Strecken erkennen, daß sie im allgemeinen keinen ununterbrochenen Zusammenhang besitzen, sondern mehr oder weniger reichlich von Rissen, Spalten und Klüften durchsetzt sind, durch welche die ganze Gesteinsmasse in teils regellose, teils regelmäßige Felsstücke zerteilt wird.

Nach ihrer verschiedenen Ausbildung und Entstehung unterscheidet man zwei Arten dieser Erscheinung:

A. Absonderungsflächen, d. h. Trennungsflächen, welche durch Zusammenziehung der aus dem Schmelzfluß hervorgegangenen Gesteine bei ihrer Erstarrung entstanden sind oder sich durch Austrocknung der ursprünglich feuchten Sedimentgesteine gebildet haben.

B. Spaltflächen bzw. Kluffflächen, welche als eine Folgeerscheinung dynamischer Vorgänge in der Erdkrinde, wie Hebung, Senkung bzw. Zusammenstauchung und der dadurch bedingten Druck-, Zug- und Torsionswirkung zu betrachten sind.

A. Absonderungsformen.

18. Denkt man sich die Oberfläche *a* (Fig. 1) einer eruptiven Gesteinsmasse bereits erstarrt, und schreitet der Abkühlungsprozeß nunmehr fort, so wird an der Grenze zwischen *a* und *b* eine kontraktive Verschiebung der Teilchen von *b* an der Grenze der festen Schicht *a* im Moment der Erstarrung von *b* stattfinden, wodurch eine Kohärenzverminderung an der Grenzschicht eintreten muß. Je schneller die

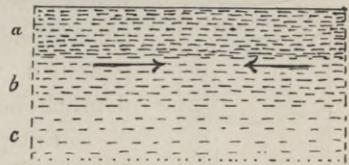


Fig. 1.

¹⁾ Da gleichartige Formen der Zerklüftung sowohl bei eruptiven wie bei sedimentären Gesteinen auftreten, so ist eine zusammenfassende allgemeine Darlegung dieser Verhältnisse der speziellen Betrachtung der Lagerung und tektonischen Gliederung beider Gesteinsklassen vorausgeschickt worden.

Erstarrung vor sich geht, desto schärfer werden die Absonderungsflächen ausgebildet sein, und deshalb treten dieselben an kleineren Eruptivmassen am vollkommensten auf.

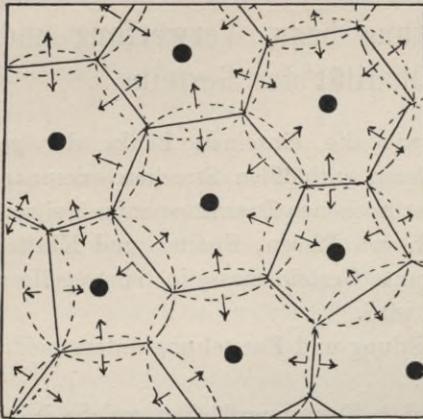


Fig. 2a.

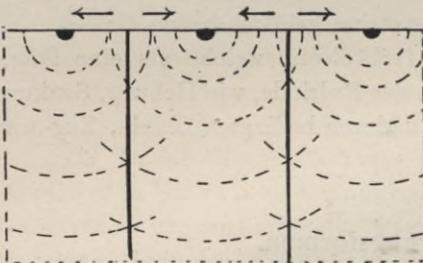


Fig. 2b.



Fig. 3.

19. Auch beim Austrocknen der Sedimentablagerungen werden durch Kontraktionsvorgänge an der Grenze zwischen den bereits festen und den allmählich erhärtenden Schichten ähnliche Ablösungsflächen zur Ausbildung gelangen können.

20. Erstarrt die Gesteinsoberfläche nicht gleichmäßig, sondern bilden sich, durch Ausscheidung einzelner Bestandteile von höherem Schmelzpunkt, zahlreiche Erstarrungszentren aus, so werden die ineinander greifenden Kontraktionskreise zu beiden Seiten der gemeinschaftlichen Sehne dieser Kreise, Zonen entgegengesetzter Kontraktion darstellen (Fig. 2a), wodurch eine polygonale Zerklüftung der Oberfläche entstehen muß. Schreitet die Erstarrung in gleicher Weise nach der Tiefe fort (Fig. 2b), so wird dadurch eine säulenförmige Absonderung bedingt,

wie sie von besonderer Regelmäßigkeit beim Basalt zur Ausbildung gelangt, aber auch bei anderen Eruptivgesteinen, wie bei Graniten, Porphyren usw. zuweilen deutlich hervortritt.

Entsprechend der Entstehung dieser Ablösungsformen gliedern sich die Säulen häufig in Kugelschalen (Fig. 3).

Auf eine gleichartige Ursache ist auch die kugelförmige Absonderungsform zurückzuführen, und es finden sich in der Tat zwischen dieser und der reinen Säulengliederung mancherlei Übergangsformen.

21. Je nach der mehr oder weniger gleichmäßigen Verteilung der sich ausscheidenden schwerschmelzbaren Bestandteile in dem noch flüssigen Magma bilden sich Erstarrungszentren von entsprechender Anordnung aus, und es wird demgemäß eine regelmäßige oder regellose Zerteilung der erstarrten Gesteinsmasse stattfinden.

22. Auch in eingetrockneten Schlamm-Massen beobachtet man nicht selten derartige Absonderungen, die mitunter von großer Regelmäßigkeit sind.

Gemäß der verschiedenen Modalität des geschilderten Vorganges entstehen folgende Arten von Ablösungsformen:

a) **Plattenförmige Absonderung** (s. Fig. 4).

23. Dieselbe bewirkt eine Zerteilung der Gesteinsmasse in parallele, tafelförmige Platten, deren Begrenzung meist eben oder doch nur wenig gekrümmt erscheint. Eine solche Absonderungsform findet sich nur bei



Fig. 4. Plattenförmige Absonderung im Lausitzer Granit (nach O. Herrmann).

eruptiven Gesteinsarten, und da sie auf Spannungswirkungen senkrecht zur Abkühlungsfläche der erstarrten Masse zurückzuführen ist, so tritt sie namentlich deutlich in den oberen Teilen derselben auf, während

sie nach der Tiefe mehr und mehr verschwindet. Wo die plattenförmige Absonderung deutlich ausgebildet ist, da gliedert sich die Gesteinsmasse meist in annähernd horizontale Schichten, während die gangförmig vorkommenden Gesteine parallel den Rändern, den sog. „Salbändern“ des Ganges abgesondert erscheinen.

24. Sind die Platten sehr dick, wie dies namentlich beim Granit häufig der Fall ist, so entsteht die bankförmige Absonderung; werden die Platten sehr dünn, wie z. B. bei manchen Melaphyren, Phonolithen, Trachyten, Porphyren und Basalten, so bildet sich eine schieferähnliche Struktur aus.

25. Oftmals tritt die plattenförmige Absonderung erst bei eintretender Verwitterung stärker hervor, und es ist eine sehr beachtenswerte Erscheinung, daß Gesteine, welche solche Absonderungen im Bruch zeigen, auch später im Bauwerk, sei es durch Verwitterung oder auch durch die sich stetig wiederholende Erwärmung und Abkühlung, und durch die damit verbundene Dilatation und Kontraktion, eine Abschliffung parallel der Absonderungsrichtung erfahren, falls solche plattenförmig gebrochenen Steine zur Verblendung von Sockelmauerwerk verwendet werden¹⁾.

b) Schichtenförmige Absonderung (s. Fig. 5).

26. In ähnlicher Weise wie die plattenförmige Absonderung bei eruptiven Felsarten bewirkt die schichtenförmige Absonderung bei sedimentären Gesteinen eine mehr oder weniger ebenflächige Zerteilung der einzelnen Gesteinsbänke parallel der Schichtfläche. Auch bei solchen Gesteinen, welche keine deutliche parallele Anordnung der Gemengteile erkennen lassen, kann eine schichtenförmige Absonderung innerhalb der einzelnen Bänke stattfinden, die oftmals erst durch eingreifende Verwitterung hervortritt. Nicht selten ist diese Erscheinung an dickbankigen Sandsteinen, Grauwacken und Kalksteinen zu beobachten. Bei nicht lagerhafter Versetzung von Werkstücken solcher Gesteine macht sich auch diese Absonderungsform im Laufe der Zeit durch stetig fortschreitende Abblätterung bemerkbar.

¹⁾ An der Granitbekleidung im Innern der Vorhalle des Haupteinganges der Technischen Hochschule zu Charlottenburg kann man diese Erscheinung beobachten, obgleich das Material hier der unmittelbaren Einwirkung der Witterung völlig entzogen ist.

c) Unregelmäßige polyedrische Absonderung.

27. Hierbei ist die Gesteinsmasse in völlig regellose, scharfkantige, eckige Stücke von mehr oder weniger beträchtlicher Größe zerteilt, eine Absonderungsform, wie sie namentlich bei Graniten, Porphyren und feinkörnigen Hornblende bzw. Augitgesteinen vorkommt.



Fig. 5. Sandsteinbruch „Mainhöhle“ der Kaisersteinbruch-Akt.-Ges. in Köln a. Rh.

Mitunter ist die ganze Gesteinsmasse so stark zerstückelt, daß sich Blöcke für Werksteine überhaupt nicht mehr gewinnen lassen; in anderen Fällen genügt das Material nicht einmal zur Herstellung von Kopfsteinen für Pflasterungen. Harte Gesteine der letzteren Ausbildungsform eignen sich daher nur als Schottermaterial, während weichere Gesteine dadurch für eine technische Verwendung gänzlich unbrauchbar werden.

d) Säulenförmige Absonderung (s. Fig. 6).

28. Teils ist hierbei die Gesteinsmasse sehr regelmäßig in glattflächige, prismatische Säulen von gerader oder gebogener Form zerteilt, wie das vielfach beim Basalt der Fall ist, teils sind die säulenförmigen Absonderungen unregelmäßig von ausgekehlten Flächen begrenzt. Die letztere Ausbildung tritt häufig beim Porphyr, Phonolith und Trachyt, seltener beim Granit auf, doch finden sich auch vorzügliche Säulen-



Fig. 6. Säulenpartie aus dem Basaltbruch „Willscheiderberg“ der Basalt-Akt.-Gesellschaft zu Linz a. Rh.

granite, wie z. B. bei Baveno am Lago maggiore und auf der Insel Tjurkö bei Karlskrona.

Diese Ausbildungsform ermöglicht die leichte Gewinnung großer Gesteinsstücke für die Herstellung von Säulenmonolithen¹⁾. Zeigen die

¹⁾ Im Mailänder Dom befinden sich zwei Monolithsäulen von 18 m Höhe aus Bavenoer Granit.

Säulen eine starke rechtwinklige Zerspaltung, wie sie häufig dem Basalt eigen ist, so gestattet das Gestein eine bequeme Verwendung als Pflastermaterial.

e) Kugelförmige Absonderung.

29. Nicht selten findet sich beim Basalt, in Verbindung mit der säulenförmigen Ausbildung, auch eine kugelige Absonderung, welche teils

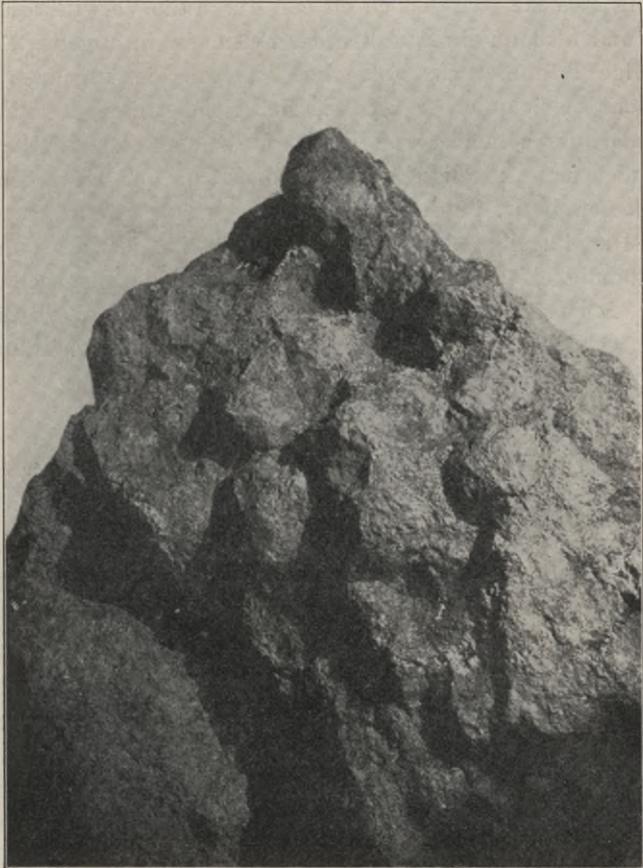


Fig. 7. Kugelförmige Absonderung im Granit von Schwarzbach bei Hirschberg i. Schl.

nur als Quergliederung auftritt, teils aber in dem Maße vorherrschend wird, daß die Säulenbildung mehr oder weniger untergeordnet erscheint.

Auch bei Graniten, Syeniten, Dioriten und Porphyren zeigt sich mitunter eine kugelige Absonderung (s. Fig. 7), die jedoch meist

regellos durch die ganze Gesteinsmasse verbreitet ist, wobei der Durchmesser der Kugeln wenige Zentimeter bis mehrere Meter betragen kann. Inmitten dieser Kugeln findet sich meist ein fester Kern, während das Gestein nach außen zu allmählich lockerer wird, ohne daß damit eine Verschiedenheit der mineralogischen Zusammensetzung verbunden wäre.

30. Tritt dieser Wechsel der Festigkeit in regelmäßiger Weise und in größerem Maßstabe auf, so entsteht die kugelig-schalige Absonderung, welche sich jedoch oft erst durch die Verwitterung deutlich ausbildet und alsdann ein Zerfallen der Felsmasse in kugelige Kernstücke und schalige Trümmer zur Folge hat. Liegen die kugeligen Absonderungen dicht beieinander, so daß sie sich gleichsam gegenseitig drücken, so entstehen unregelmäßig rundliche, ja selbst polyedrische Formen. Häufig findet man kugelige Auswitterungen an der Oberfläche solcher Gesteinsmassen bezw. in deren Abraum.

31. Die kugelige Ausbildung des Gesteins ist als eine für die Wetterbeständigkeit des Materials sehr ungünstige Eigenschaft zu bezeichnen. Auch an scheinbar gleichmäßig struierten Werkstücken aus derartigen Gesteinen ist in verhältnismäßig kurzen Zeiträumen eine schalenförmige Abwitterung zu erwarten.

B. Spalt- und Kluffbildungen.

32. Außer durch Absonderungsformen pflegt die Gesteinsmasse auch durch Spalten und Klüfte, sog. „Lose“, in mannigfacher Weise zerteilt zu sein.

Diese Trennungsflächen, welche meist steil, häufig vollkommen rechtwinklig zu den Ablösungs- bezw. Schichtflächen gerichtet sind, durchsetzen das Gestein in Abständen von mehreren Metern bis zu wenigen Zentimetern. Ihre Ausbildung ist entweder ebenflächig, und sie streichen dann meist auf größere Erstreckung in gerader Richtung fort, oder sie zeigen eine unregelmäßige Oberflächenbeschaffenheit und dann gewöhnlich auch einen weniger stetigen Verlauf. Treten zwei Systeme von Spalten auf, so pflegt das eine bei weitem ebenflächiger ausgebildet zu sein als das andere; es zeigt in paralleler Wiederholung ein gleichmäßiges Fortsetzen und ist als das primäre zu betrachten, dessen Entstehung auf Druckwirkung zurückzuführen ist. Das zweite, weniger ebenflächig ausgebildete und unregelmäßiger fortsetzende System dürfte durch Senkung der Gesteinsmasse zwischen den primären Spalten entstanden sein.

33. Durch zwei solcher Spaltsysteme gliedert sich die Gesteinsmasse prismatisch, und wenn sie überdies durch Absonderungsflächen zerteilt ist, entsteht eine polyedrische bezw. parallelepipedische Gliederung (s. Fig. 8).

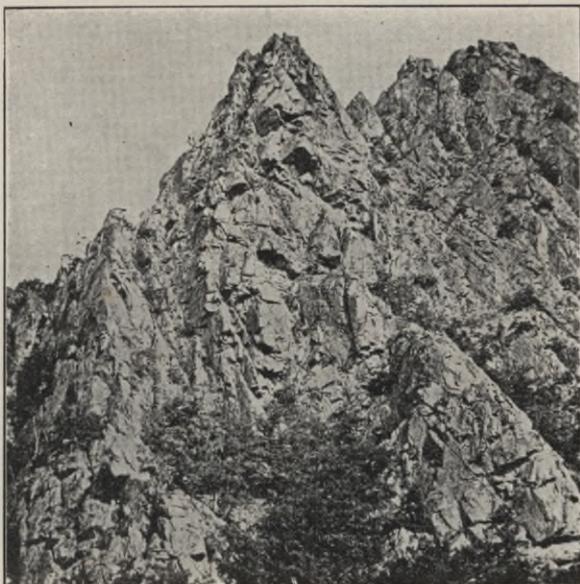


Fig. 8. Polyedrische Zerklüftung des Granits der Roßtrappe im Harz.

34. An den Trennungsflächen grenzen die Gesteinsmassen entweder so dicht aneinander, daß keine bemerkenswerten Zwischenräume entstehen, oder es bilden sich Abstände von mehreren Millimetern bis zu beträchtlichen Dimensionen aus. Hiernach unterscheidet man Risse, Spalten oder Klüfte. Mitunter sind die Risse oberflächlich kaum erkennbar, bewirken aber trotzdem bei Bearbeitung des Gesteins ein ebenflächiges Zerfallen desselben.

35. Im Gegensatz zu den Ablösungsformen, welche als Kontraktionsphänomene zu betrachten sind, ist die Bildung der Risse, Spalten und Klüfte im allgemeinen auf dynamische Vorgänge zurückzuführen. Dabei darf aber nicht unerwähnt bleiben, daß auch infolge des Zusammenziehens der Masse beim Erkalten bezw. Austrocknen, Ablösungen entstehen können, welche eine gewisse Ähnlichkeit mit den durch Druck-

kräfte hervorgerufenen Spalten aufweisen. Sie werden als Kontraktionsspalten bezeichnet.

Auch die Volumvergrößerung der Gesteinsmasse infolge chemischer Umwandlung (Bildung von Gips aus Anhydrit, oder von Serpentin aus Olivinfels) kann zu Spaltenablösungen Veranlassung geben, wie denn in gewissen Fällen eine scharfe Trennung zwischen den durch Dilatation und Kontraktion, bezw. durch tektonische Dislokationen gebildeten Ablösungsformen nicht immer zu ermöglichen sein wird.

Trotzdem ist eine systematische Unterscheidung zwischen diesen beiden Kategorien der Gesteinszerklüftung nicht nur theoretisch, sondern, soweit durchführbar, auch in praxi gerechtfertigt, weil ihre Folgeerscheinungen bei der Verwitterung der Gesteine im allgemeinen verschieden sind.

Nach ihren ursächlichen Verhältnissen lassen sich die Spaltbildungen folgendermaßen klassifizieren:

a) Senkungsspalten.

36. Aus den Spannungen, die in der Erdrinde durch den Massendruck und die gegenseitige Verschiebung der einzelnen Teile, wie auch durch unterirdische Erosion und chemische Umwandlung entstehen, wird die Erdrinde vielfach von Bruchlinien durchzogen, an denen ein Absinken größerer Gebirgsschollen stattfindet. Diese im allgemeinen ungleichmäßigen Bewegungen haben eine Zerklüftung der absinkenden Teile zur Folge, die mehr oder weniger senkrecht zur Oberfläche der Schollen und demgemäß zur Richtung der Absonderungs- bezw. Schichtungsfläche der Gesteine auftritt.

In besonders regelmäßiger Wiederholung, und zwar rechtwinklig zur Schichtung, zeigt sich diese Spaltungsform bei den vertikal abgesunkenen Schollen der Sandsteinbildungen in der Trias- und Kreideformation.

b) Einsturzspalten.

37. Dieselben entstehen durch Einbruch des Dachgesteins über Hohlräumen, wie sie z. B. bei Auslaugung von Salz- und Gipsstöcken gebildet werden. Meist zeigen solche Spalten eine radiale Anordnung nach dem Einsturzzentrum.

c) Aufbruchsspalten.

38. Finden Volumvergrößerungen stockförmiger Einlagerungen durch Wasseraufnahme (Anhydrit, Olivingestein usw.) statt, so bilden sich im Dachgestein radiale Aufbruchsspalten ähnlicher Art wie sie im

schichtigen Gestein auch dann entstanden, wenn dasselbe durch plutonische Kräfte zu großen Gewölben emporgehoben wurde.

d) Faltungsspalten.

39. Schichtengruppen, welche durch den Gebirgsdruck zu Falten, Sätteln und Mulden zusammengestaucht worden sind, zeigen meist an den Stellen der größten Beanspruchung, also auf der Sattelhöhe und in der Muldentiefe, radiale Spaltenbildungen, die man in streichende, spießeckige und querschlägige einteilt, je nach ihrer Richtung zum Streichen der Falte. Die streichenden Faltungsspalten sind häufig mit Verwerfungen bezw. Überschiebungen verbunden.

e) Pressungsspalten.

40. Sind die Gesteine von sehr harter und spröder Beschaffenheit, wie z. B. die Eruptivgesteine, so vermögen sie sich durch den Gebirgsdruck nicht zusammenzufalten. Sie haben den ganzen Druck, ohne demselben ausweichen zu können, auszuhalten.

In ähnlicher Weise wie durch Pressung von Gesteinswürfeln bei Festigkeitsprüfungen, bilden sich hierbei, diagonal zur Druckrichtung, unregelmäßig prismatische Zerklüftungen, und zwar weit fortsetzende Hauptspalten, längs denen Verschiebungen stattfinden, und überdies in großer Zahl teils parallel teils quer zur Hauptspalte stehende Nebenspalten, eine Erscheinung, wie man sie an Granit-, Syenit- und Porphyrstöcken häufig findet.

C. Spaltungsfähigkeit der Gesteine.

41. Neben den die Gesteinsmasse deutlich gliedernden Ablösungsfugen und Klüften, zeigen die Gesteine vielfach die Fähigkeit, beim Zerschlagen nach bestimmten Richtungen mehr oder weniger vollkommen zu spalten. Die Steinmetzen bezeichnen diese Eigenschaft als „Gare“ oder „Gang“ des Gesteins.

Zurückzuführen ist die Spaltbarkeit entweder auf eine parallele Anordnung der Gemengteile, oder auf Kohärenzunterschiede, wie solche infolge des Kontraktionsvorganges bei Bildung des Gesteins, bezw. durch Druck- und Zugwirkung bei den in der Erdrinde stattgehabten Dislokationen entstanden sind.

Nach ihren ursächlichen Verhältnissen zeigt die Spaltbarkeit der verschiedenen Gesteinsklassen folgende Ausbildung:

42. Geschichtete kristallinische Silikatgesteine wie Gneis, Glimmerschiefer und Phyllit, aber auch flasrige Parteen in massigen Gesteinen, wie z. B. in Graniten, spalten nach Richtung der parallelen Anordnung der Gemengteile, und zwar um so vollkommener, je regelmäßiger jene Anordnung ist, oder je reichlicher spaltbare Mineralien, wie Glimmer, Chlorit und Talk, als Bestandteile auftreten. Zeigt das Gestein eine flasrige oder wellige Struktur, so erscheinen auch die Spaltungsflächen von entsprechender Beschaffenheit.

Da bei den erwähnten Gesteinen die parallele Anordnung der Gemengteile meist schon mit bloßem Auge oder doch mit Hilfe der Lupe erkennbar ist, so läßt sich auch an kleineren Probestücken, wie sie den Materialprüfungsanstalten eingeliefert werden, die Richtung der Spaltbarkeit leicht feststellen und bei Ausführung von Festigkeitsprüfungen berücksichtigen.

43. Geschichtete sedimentäre Gesteine, wie Sandsteine, Grauwacken, Kalksteine, Tonschiefer, Tuffsteine, spalten ebenfalls nach der Schichtungsfläche, und je nachdem die letztere eben oder uneben ist, bricht auch das Gestein in entsprechenden Stücken.

Da bei manchen Gesteinen, wie z. B. bei dichten Kalksteinen und grobkörnigen Sandsteinen von dickbankiger Ausbildung, die Schichtung in kleineren Probestücken nicht immer deutlich erkennbar ist, so muß an sämtlichen für die Ausführung der Prüfung bestimmten Proben die Lagerfläche zuverlässig bezeichnet werden.

44. Massige Gesteine mit bankförmiger Absonderung (Granit, Porphy, Melaphyr, Trachyt usw.) spalten mehr oder weniger deutlich parallel den Absonderungsfugen. Verschwinden die letzteren allmählich nach der Tiefe des Gesteinsstockes zu, so gilt das gleiche auch für die Spaltfähigkeit des Materials.

45. Außer dieser nach der Parallelstruktur des Gesteins, seiner bankförmigen Absonderung bzw. Schichtung gerichteten Spaltbarkeit, tritt häufig noch eine zweite oder dritte weniger vollkommene Teilbarkeit quer zur ersteren auf, welche man in der Praxis als „Kopfspaltung“ bezeichnet.

Dieselbe entspricht in ihrer Richtung entweder den „Losen“ oder sie ist quer dazu gerichtet. Im ersteren Fall erscheint sie als Folge der Druckwirkung, welcher das Gestein ausgesetzt war, im letzteren Falle ist sie auf die mit der Senkung des Gesteins verbundene mechanische Beanspruchung desselben zurückzuführen. Nicht selten treten beide Formen der Kopfspaltung nebeneinander auf, und es wird dadurch eine quaderartige oder rhomboedrische Teilbarkeit der Gesteinsmasse mit glatten

oder unebenen, muscheligen Begrenzungsflächen bewirkt¹⁾. Sehr deutlich pflügt die Ausbildungsweise der Kopfspaltung an den Bruchwänden der Steinbrüche hervorzutreten, s. Fig. 9.



Fig. 9. Partie aus dem Sandsteinbruch „Medard“ der Kaisersteinbruch-Akt.-Ges. zu Köln a. Rh.

An der linken Seite des Bruches erscheinen die Abbruchflächen eben, an der rechten Seite dagegen unregelmäßig muschelig.

D. Die Ablösungs- und Spaltungsformen der Gesteine in ihrem Verhalten gegen Witterungseinflüsse.

46. Wie bereits hervorgehoben wurde, treten die Absonderungsformen mit besonderer Deutlichkeit bei beginnender Verwitterung hervor; grobplattige Absonderungen werden hierbei im Laufe der Zeit immer dünnplattiger zerteilt und schließlich vollkommen schiefrig aufgelöst.

Es darf daraus geschlossen werden, daß die durch den Kontraktionsprozeß bedingten Strukturverhältnisse des Gesteins den Eingriffen der

¹⁾ Werden Gesteine mit muscheliger Kopfspaltung zu Pflastermaterial verarbeitet, so zeigen die einzelnen Steine unerwünscht scharfe Kanten, welche sich erst längere Zeit nach dem Versetzen des Pflasters allmählich abschleifen.

Witterung gewissermaßen den Weg vorbereiten. Man findet deshalb auch häufig, daß aus solchen Gesteinen gefertigte Werkstücke eine fortschreitende Abblätterung im Bauwerk erfahren, und zwar namentlich dann, wenn die Werkstücke so versetzt worden sind, daß ihre Absonderungsrichtung der Mauerfläche parallel geht.

47. In ähnlicher Weise macht sich eine schichtige Abblätterung bei solchen Gesteinen geltend, deren Spaltenbildung auf eine starke Druckwirkung im Gebirge zurückzuführen ist. Auch hier darf man annehmen, daß die Strukturverhältnisse in der betreffenden Richtung eine für die Widerstandsfähigkeit des Materials ungünstige Veränderung erfahren haben, und man sollte deshalb die Werkstücke stets so bearbeiten bzw. versetzen, daß ihre zu jener Druckrichtung senkrechten Flächen entweder den Schichtlagen des Mauerwerks entsprechen oder quer zur Wandfläche stehen, niemals aber derselben parallel gerichtet sind.

Jedoch nicht nur nach den sichtbaren Spalten, sondern auch nach den versteckten Rissen, den sog. Stichen, zeigt das Gestein eine Differenzierung seiner Strukturverhältnisse, die von ähnlich ungünstiger Wirkung auf die Dauerhaftigkeit des Materials sein kann, wie die vorgenannte Erscheinung.

48. Die bekannte Tatsache, daß bei Verwendung eines anscheinend durchaus gleichmäßigen Gesteinsmaterials die einzelnen Werkstücke im Bauwerk sich oftmals von erheblich verschiedener Wetterbeständigkeit erweisen, dürfte z. T. wenigstens auf eine nach den Absonderungs- und Spaltflächen ungleichmäßige Orientierung derselben zurückzuführen sein. Es erscheint deshalb die Forderung gerechtfertigt, daß die Bearbeitung der Werkstücke unter sorgfältiger Beachtung der vorgedachten Verhältnisse zur Ausführung gelangt, und, falls dieselbe nicht im Bruche selbst geschieht, daß an den rohen Blöcken die Lagerflächen, bzw. die Richtung der Ablösungs- und Spaltfugen durch Zeichen markiert werden, für welche die Verwendung einer bestimmten Form unter den Steinmetzen vereinbart werden sollte.

49. Ebenso wichtig ist aber die Berücksichtigung dieser Verhältnisse bei Ausführung von Festigkeits- und mikroskopischen Strukturuntersuchungen in den Materialprüfungsanstalten, und es empfiehlt sich daher, daß auch an den eingelieferten, roh bearbeiteten, würfelförmigen Probestücken, aus denen die Festigkeitsproben und Dünnschliffe herzustellen sind, die Lager- bzw. Absonderungsflächen, sowie die Richtung der Druckspalten im Gestein in deutlicher Weise bezeichnet werden. Entspricht die letztere keiner der Seiten des würfelförmigen Blocks, so

ist durch einen um denselben gezogenen Strich jene Richtung anzugeben.

Auf diese Weise wird es möglich sein, die betreffenden Untersuchungen unter Berücksichtigung der geologischen Ausbildungsverhältnisse des Gesteinsvorkommens in sachgemäßer Weise auszuführen.

Kapitel 4.

Die geologischen Lagerungsformen und ihre Beziehungen zur allgemeinen Strukturausbildung, sowie zu den Ablösungsformen und Spaltbildungen der Gesteine.

50. Da die allgemeinen Strukturverhältnisse der Gesteinsmassen, ihre Ablösungsformen und Spaltbildungen, von der Entstehungsweise des Gesteins, bezw. von seiner Lagerungsform und den sie bedingenden dynamischen Vorgängen abhängig sind, so mögen die wichtigsten hierbei in Frage kommenden Verhältnisse im Zusammenhange betrachtet werden.

I. Massige Silikatgesteine.

51. Die massigen Silikatgesteine sind Eruptivprodukte, welche in feurigflüssiger Form durch Spalten der Erdrinde an die Oberfläche gelangten (Ergußgesteine) oder aber beim Empordringen bereits im Innern der Erde erstarrten (Tiefengesteine) und in letzterem Falle erst durch Erosion der überdeckenden Gebirgsmassen freigelegt wurden. Je nach der Art und dem Umfang des eruptiven Vorganges unterscheidet man folgende Ausbildungsformen:

a) Stöcke.

52. Es sind das eruptive Gesteinsmassen, welche in horizontaler und vertikaler Richtung beträchtliche Dimensionen aufweisen. Charakteristisch ist diese Ausbildungsform für die älteren, sog. plutonischen Gesteine, wie Granit, Syenit, Diorit, Gabbro usw.

Die Beschaffenheit der Gesteinsmasse innerhalb der Stöcke ist selten eine durchaus gleichmäßige; vielmehr bilden sich häufig unregelmäßig begrenzte Partien (Schlieren) aus, in denen das Mengenverhältnis der wesentlichen und der akzessorischen Mineralbestandteile, Struktur und Größe der Körnung, mehr oder weniger von den betreffenden Ver-

hältnissen der Hauptmasse abweicht. Insbesondere finden sich solche Abweichungen in den Kontaktregionen mit dem Nebengestein, also in den äußeren Partien des Stockes, in denen mitunter auch flasrige Strukturausbildungen auftreten. Meistens ändert sich überdies die Gesteinsbeschaffenheit mit der Tiefe.

Nicht selten sind die Stöcke von „Gängen“ durchsetzt, z. B. Granitstöcke von Granit-, Aplit-, Quarzit-, Syenit- oder Diabasgängen; auch umschließt das Eruptivgestein mitunter Bruchstücke des Nebengesteins.

53. Häufig gliedert sich die stockförmige Gesteinsmasse in dreifacher Weise, s. Fig. 10. Es treten in größerem oder geringerem Abstände voneinander, ebenflächige oder unebene Ablösungsfugen *A* parallel der ursprünglichen Oberfläche des Stockes, namentlich in den oberen Lagen



Fig. 10. Dreifache Gliederung massiger Gesteine

auf, während sie meistens nach der Tiefe allmählich undeutlicher werden. Ferner zeigt die Gesteinsmasse nahezu parallel verlaufende, gleichmäßig fortsetzende und meist sehr ebenflächige, senkrechte oder schräg einfallende Druckspalten *K*, die teils meterweit voneinander auftreten oder auch sehr dicht geschart sein können, an welchen die Gesteinsmasse entweder dicht zusammenschließt oder auch mehrere Zentimeter weite Klüfte bildet.

Endlich finden sich zwischen diesen primären Druckspalten weniger ebenflächig ausgebildete und unregelmäßiger verlaufende sekundäre

Schub- und Senkungsspalten N , hervorgerufen durch eine Verschiebung der einzelnen Stöße zwischen den Druckspalten.

54. Eine derartige Gliederung der Gesteinsmasse zerteilt dieselbe, wie bereits erwähnt wurde, in regelmäßige rhomboedrische Felsstücke.

Treten bei stark ausgebildeten Ablösungsflächen (A) die Klüfte (K und N) zurück, so bricht das Gestein plattenförmig; fehlen die Ablösungsfugen, während die Klüfte K und N deutlich ausgebildet sind, so gliedert sich das Gestein säulenförmig; ist die vorgedachte dreifache Zerteilung unregelmäßig ausgebildet, so entsteht eine polyedrische Zerklüftung des Gesteinsstockes.

55. Von der Entfernung der Ablösungs- bzw. Spaltflächen hängt die Gewinnung größerer oder kleinerer Gesteinsblöcke beim Bruchbetriebe ab, doch ist besonders zu bemerken, daß bei solchen Gebirgsstöcken, welche eine starke Zusammenpressung erfahren haben, die daraus gewonnenen größeren Blöcke nicht selten parallel den Druckspalten gerichtete, versteckte Ablösungsflächen, oder „Stiche“ aufweisen, welche erst beim Zerschlagen des Gesteins, und zwar oft in sehr ebenflächiger Ausbildung, hervortreten.

Bei sehr enger Scharung der Ablösungs- und Spaltflächen wird das Gestein nur für Pflaster- bzw. Schottermaterial verwendbar.

b) Kuppen.

56. So nennt man eruptive Gesteinsmassen von kegel- oder domförmiger Gestalt und geringen horizontalen Dimensionen, wie sie namentlich bei Basalten, Trachyten, Phonolithen und Porphyren vorkommen.

Ausgezeichnet sind die kuppenförmigen Gesteinsmassen durch ihre stark ausgebildeten Absonderungsformen, die nicht selten die ganze Kuppe in einheitlicher Weise gliedern. Vorherrschend ist die säulenförmige Absonderung, die bei sehr feinkörnigen, kompakten Gesteinen, wie namentlich bei Basalten, äußerst regelmäßig und glattflächig zu sein pflegt, während ungleichmäßiger struierte Gesteine, z. B. die Porphyre, oder Gesteine von lockerer Struktur, wie die Trachyte, in der Regel nur eine unvollkommene Ausbildung der etwa auftretenden Säulen aufweisen.

Namentlich die regelmäßigen, dünnen Basaltsäulen zeigen in kleineren Abständen eine ebenflächige Quergliederung, während dieselbe bei stärkeren Säulen kugelschalig ausgebildet zu sein pflegt. Mitunter überwiegt sogar die kugelförmige Absonderung, so daß die Säulenbildung mehr oder weniger zurücktritt.

57. Die Richtung der Säulen ist entweder nahezu parallel der Achse der Kuppe, s. Fig. 11, oder es sind die Säulen fächerförmig zu derselben gerichtet und divergieren entweder nach der Tiefe, s. Fig. 12, oder nach der Oberfläche der Kuppe. Auch kommt es vor, daß die Säulen von einer die Kuppe durchsetzenden Vertikalspalte, nach beiden Seiten derselben, in horizontaler Richtung und leicht gebogener Form ausstrahlen.



Fig. 11. Basalthruch „Wildscheiderberg“ der Basalt-Akt.-Ges. zu Linz a. Rh.

Daneben zeigt sich häufig eine konzentrisch-schalige, durch die ganze Kuppe verlaufende Absonderung, wie dies in Fig. 12 deutlich erkennbar ist.

58. Manche Trachyt- und Phonolithkuppen, welche eine deutliche säulenförmige Gliederung vermissen lassen, zeigen dafür jene vorerwähnten, in großem Maßstabe einheitlich ausgebildeten, konzentrisch-schaligen Ablösungen, deren Achse mit der der Kuppe annähernd übereinstimmt.

c) Decken.

59. Es sind das Gesteinsmassen von beträchtlicher horizontaler und verhältnismäßig geringer vertikaler Ausdehnung. Diese Lagerungsform findet sich namentlich bei Porphyren, Melaphyren, Diabasen sowie

bei Basalten. Die Decken zeigen meist eine stark entwickelte plattenförmige Absonderung, aber auch säulenförmige und unregelmäßig polyedrische Ablösungen können neben zahlreichen Druckspalten auftreten.

Infolgedessen liefern die deckenförmigen Gesteine in der Regel nur kleineres Gesteinsmaterial, wie es zu Pflastersteinen, Straßenschotter oder für Bruchsteinmauerwerk geeignet ist.

Überdies ist zu erwähnen, daß das deckenförmige Gestein in besonderem Grade der Verwitterung ausgesetzt ist, da dieselbe nicht nur von der Oberfläche, sondern auch von der Sohlfläche her einzugreifen vermag.

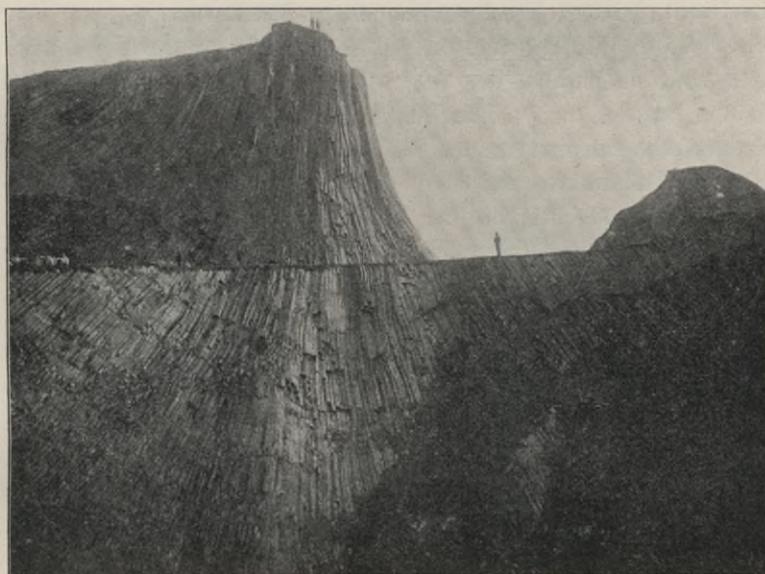


Fig. 12. Basaltbruch „Steinbergskopf“ der Basalt-Akt.-Ges. zu Linz a. Rh.

Nicht selten sind deckenförmige Diabase, Melaphyre usw. im Liegenden und Hangenden von sedimentären Gesteinen eingeschlossen und bilden dann scheinbar schichtige Einlagerungen innerhalb der letzteren, oder wenn die ganze Gesteinsmasse eine starke Aufrichtung erfahren hat, scheinbare „Lagergänge“.

d) Ströme.

60. Dieselben stellen eine den Decken nahe verwandte Lagerungsform dar und unterscheiden sich von diesen durch ihre vorwaltende Längen-

erstreckung. Charakteristisch ist die stromförmige Ausbildung für vulkanische Gesteine, namentlich für rezente Laven, aber sie kommt auch bei älteren Trachyt-, Basalt- und Phonolithlaven vor.

An der Oberfläche der Ströme ist das Gestein oft blasig und schwammig, auch runzelig oder gekröseartig, und erst in größerer Tiefe bildet sich eine kompakte Struktur aus.

e) Gänge.

61. So nennt man eruptive Gesteinsmassen, welche als Ausfüllung von Spalten in anderen Gesteinen auftreten. In Gangform können sämtliche Eruptivgesteine vorkommen, wie Granit, Pegmatit, Syenit, Diorit, Diabas, Trachyt, Phonolith, Basalt usw.

Die Gänge durchsetzen das Nebengestein unter verschiedenem Winkel; sind sie parallel der Schichtung desselben gerichtet, so nennt man sie „Lagergänge“. Die Begrenzungsflächen der gangförmigen Gesteinsmasse bezeichnet man als „Salbänder“, dünne Einlagerungen verschiedenen Materials zwischen diesen und dem Nebengestein als „Besteg“. Die Mächtigkeit der Gänge ist entweder auf größere Erstreckung eine gleichmäßige oder sie verändert sich stellenweise, je nach der Form der ausgefüllten Spalte.

62. Die Struktur der Ganggesteine ist häufig in der Nähe der Salbänder eine andere als in der Mitte; gewöhnlich zeigt sich an den äußeren Begrenzungsflächen ein feineres Korn, mitunter auch eine dichte bis glasige Beschaffenheit, während das Innere grobkristallinisch ausgebildet sein kann.

Nicht selten tritt bei Ganggesteinen eine säulen- oder plattenförmige Absonderung auf, und zwar sind die Säulen meist senkrecht, die Platten dagegen parallel zum Salband gerichtet.

II. Geschichtete kristallinische Silikatgesteine.

63. Die geschichteten Silikatgesteine: Gneis, Glimmerschiefer, Chlorit- und Talkschiefer, nebst Phyllit oder Urtonschiefer bilden in ihrer ursprünglichen Lagerung die tiefsten der uns zugänglichen Teile der Erdkruste. An vielen Punkten sind diese fundamentalen Formationsglieder jedoch durch plutonische Kräfte aus der Tiefe emporgehoben, so daß sie bedeutende Teile der Erdoberfläche zusammensetzen.

Dieselben bilden demnach ausnahmslos stark dislozierte und deshalb auch vielfach zerklüftete Gesteinsmassen, und diesem Umstande sowie der stark entwickelten Schichtenablösung ist es zuzuschreiben, daß

die Gesteine dieser Klasse im allgemeinen nur dünnplattige Werkstücke bzw. solche von kleineren Dimensionen liefern, welche letztere im allgemeinen lediglich zu Bruchsteinmauerwerk Verwendung finden.

Ausgenommen sind hiervon jene gneisartigen Gesteine aus den tiefsten Formationslagen, welche durch Zurücktreten des Glimmers eine nur unvollkommene Schichtung und demnach eine dem Granit ähnliche Struktur zeigen.

a) Allgemeine strukturelle und morphologische Ausbildung.

64. Die Struktur der geschichteten Silikatgesteine wird im allgemeinen durch eine parallele Anordnung der lamellar ausgebildeten Bestandteile, wie Glimmer, Chlorit und Talk, bedingt, während die übrigen Gemengteile (Feldspat, Quarz usw.) meist regellos miteinander verwachsen sind¹⁾.

Je reichlicher diese lamellaren Mineralien auftreten, desto deutlicher erscheint das Gestein geschichtet und desto vollkommener ist auch seine Fähigkeit, sich parallel den Schichtungsflächen zerspalten zu lassen.

Man unterscheidet demgemäß dünn- und dickschiefrige Abänderungen und überdies solche mit ebenflächiger, wellenförmiger, flasriger und mehr oder weniger gefalteter Schieferungsfläche.

65. In ursächlichem Zusammenhange mit der strukturellen Ausbildung des Gesteins steht eine dünnschiefrige, plattenförmige oder bankartige Absonderung desselben. Während bei bankförmigen Gesteinen die Zusammensetzung meist in beträchtlicher Mächtigkeit eine ziemlich gleichmäßige ist, wechseln in der Regel bei dünnschichtigen Gesteinen verschiedene Varietäten derselben vielfach miteinander ab.

66. Werden solche schiefrigen Gesteine von größeren eruptiven Gesteinsmassen durchbrochen, dann erscheinen die ersteren oftmals in den Kontaktregionen mannigfach metamorphosiert. So sind z. B. die Tonschiefer auf weite Entfernung von den Granitstöcken in sog. Fruchtschiefer, Knotenschiefer, Hornfels oder in Andalusitschiefer umgewandelt worden.

b) Lagerungsformen.

67. Da die meisten geschichteten Silikatgesteine aus der Tiefe emporgehobene Gebirgslieder darstellen, so zeigen sie in der Regel die Merkmale bedeutsamer Störungen. Ihre Schichten sind nicht

¹⁾ In besonderen Fällen können auch andere Bestandteile, wie z. B. der Quarz im Granulit, durch parallele Anordnung eine geschichtete Struktur bewirken.

nur z. T. steil aufgerichtet und selbst überkippt, sondern auch auf die mannigfachste Weise zusammengefaltet, zerdrückt und verschoben, von Spalten und Klüften durchsetzt und längs diesen verworfen. Dazu kommen die Störungen, welche die oft in außerordentlicher Menge eingedungenen Eruptivmassen hervorgerufen haben.

Im allgemeinen lassen sich folgende Lagerungsformen unterscheiden:

a) Kuppelförmige Lagerung. Die Schichten stellen ein in großem Maßstabe ausgebildetes Gewölbe dar, in dessen Mitte die Lagerung eine nahezu horizontale sein kann, während nach den Rändern zu mehr oder weniger steile Fallwinkel auftreten.

b) Mantelförmige Lagerung. Die gewölbeartig aufgerichteten Schichten sind in der Mitte von einem eruptiven Gesteinsmassiv durchbrochen, von dem sie zunächst steil und alsdann allmählich flacher abfallen.

c) Zonenartige Lagerung. Die meistens durch mannigfachen Wechsel ihres Gesteinscharakters ausgezeichneten Schichten sind steil aufgerichtet und stellen über weite Strecken hin und in vielfacher Wiederholung synklinal und antiklinal Schichtenzonen dar.

d) Fächerförmige Lagerung. Die Schichten zeigen in ihrem zentralen Teil eine nahezu vertikale Stellung, während sie nach den Rändern des Massivs allmählich eine fächerförmige, nach der Tiefe konvergierende Lage annehmen.

68. Nach Maßgabe der mechanischen Beanspruchung, welche die kristallinischen Schichtgesteine bei ihrer Dislokation erfahren haben, wird man annehmen dürfen, daß dieselben bei zonenförmiger und fächerförmiger Lagerung die größte Zerspaltung und Strukturänderung aufweisen, was auch durch Erfahrung bestätigt wird¹⁾. Bei kuppelförmiger Lagerung sind Bruchzonen vorzugsweise innerhalb der steil einfallenden Schichten der Randgebiete, bei mantelförmiger Lagerung in der Nähe des eruptiven Gebirgsstockes zu erwarten.

¹⁾ Ein interessantes Beispiel hierfür liefert die Stapff'sche geologische Aufnahme des Gotthardtunnels (Maßstab 1:100). Auf einer Längerstreckung von 14920 m werden innerhalb des fächerförmigen Gneis-Massivs ca. 12600 nördlich einfallende, ca. 11700 südlich einfallende und ca. 6000 flache Spalten und Klüfte verzeichnet, also im Durchschnitt über 2 auf den laufenden Meter, nebst 38 Schichten von zusammen 1069 m Mächtigkeit, in denen das Gestein vollkommen zerstückelt ist. Rechnet man hierzu die feineren Risse und Stiche, welche wohl überall zwischen den Spalten auftreten, so erhält man eine Vorstellung von den durch die dynamischen Vorgänge in der Erdkruste hervorgerufenen Zerklüftungen und Strukturänderungen stark dislozierter Gesteinsmassen.

69. Im Gebiet der geschichteten Silikatgesteine treten häufig Einlagerungen von grobkristallinischem bis feinkörnigem Kalkstein und Dolomit von mehr oder weniger regelmäßiger, gröberer oder dünnerer Schichtung auf. In Verbindung damit stehen mitunter Kalkglimmerschiefer und Kalktonschiefer, welche z. T. mit dem Kalkstein wechsellagern und mannigfache Übergänge damit bilden.

Die Zerklüftung, welche die Gesamtformation zeigt, wiederholt sich auch in den eingeschlossenen Kalkmassen, namentlich bei deutlich geschichteter Gliederung derselben.

III. Sedimentäre Gesteine.

1. Allgemeine strukturelle und morphologische Ausbildung.

70. Die große Klasse der sedimentären Gesteine: der Sandsteine, Grauwacken, Konglomerate, Kalksteine, Tonschiefer und Tuffe, ist durch eine schichtenförmige Lagerung, sowie durch eine mehr oder weniger vollkommene geschichtete Struktur (Parallelstruktur) ausgezeichnet.

71. Die Schichtung, d. h. die Gliederung der Gesteinsmasse in parallele Lagen, entsteht durch den Wechsel in der Beschaffenheit des Gesteinsmaterials (Verschiedenheit der Korngröße, der Farbe, des Bindemittelgehalts, der Dichtigkeit des Gefüges), durch Einschaltung dünner Lagen von tonigen und anderen Zwischenmitteln, durch parallele Einlagerung akzessorischer Bestandteile, wie andererseits von Muscheln, Geröllen usw., desgleichen auch durch Ausbildung von lagenförmig angeordneten Hohlräumen bzw. von sog. Sandlöchern, endlich durch Ablösungsfugen.

Infolge dieser Differenzierung, welche die ganze Gesteinsablagerung beherrscht, gliedert sich dieselbe in mehr oder weniger mächtige Bänke und dünnere Zwischenlagen. Ist die Schichtung durchgängig eine parallele, so nennt man die Lagerung „konkordant“, vereinigen sich dagegen Schichten mit verschiedenem Fallwinkel, so bezeichnet man sie als „diskordant“.

72. Der schichtenförmigen Gliederung der Ablagerung entspricht eine gleichgerichtete, mehr oder weniger vollkommene Parallelstruktur des Gesteins, und da die Kornbindungsfestigkeit in Richtung der Schichtenfläche fast ausnahmslos eine größere ist als rechtwinklig dazu, so lassen sich sedimentäre Gesteine nach der ersteren Richtung mehr oder weniger vollkommen und ebenflächig zerspalten, welche Eigen-

schaft bei feinkörnigen Gesteinen zu einer vollkommenen Schieferung entwickelt sein kann.

73. Infolge dieser Strukturausbildung zeigen die einzelnen Bänke der Ablagerung vielfach sog. Schichtungs- oder Lagerfugen, welche durch ungleichmäßige Hebung bzw. Senkung der bereits gefestigten Gesteinsmasse hervorgerufen wurden, oder aber durch das Zusammen-sinken des allmählich austrocknenden sedimentären Materials entstanden sein können.

74. Meist rechtwinklig oder wenigstens steil zum Lager werden die Gesteinsmassen von Druck- bzw. Berstungsklüften („Losen“) durchsetzt, und bei seitlich stattgehabtem Druck können überdies Biegungen, Knickungen und Faltungen auftreten, oder aber bei Verschiebungen der Gesteinsmassen an den Spalten sog. „Verwerfungen“.

Alle diese Verhältnisse sind nicht nur für den Steinbruchbetrieb von maßgebender Bedeutung, sondern erscheinen auch für die Beurteilung der Gesteinsqualität von Wichtigkeit.

2. Lagerungsformen.

75. Da die sedimentären Felsarten im allgemeinen weniger fest und von weniger kompaktem Gefüge sind als die kristallinen Silikatgesteine, so haben hier auch geringfügigere Dislokationen eine verhältnismäßig starke Zerklüftung des Gesteins und eine beträchtliche Veränderung der inneren Strukturverhältnisse desselben hervorrufen können.

Die Lagerungsformen der sedimentären Gesteine, deren Ausbildung einen Schluß auf die größere oder geringere mechanische Beanspruchung des Gesteins bei den stattgehabten Dislokationen ermöglicht, erlangen deshalb für diese Gesteinsklasse eine besondere Wichtigkeit.

Im allgemeinen sind folgende Arten der Gesteinslagerung zu unterscheiden:

a) Ursprüngliche Lagerung.

76. Die Schichten liegen vollkommen horizontal, oder es haben sich durch das Zusammentrocknen der sedimentären Ablagerung geringfügige Unebenheiten ausgebildet, s. Fig. 13. Eine solche Lagerung ist für die Gleichmäßigkeit der Gesteinsstruktur innerhalb derselben Bank die denkbar günstigste. Nicht immer aber darf man annehmen, daß horizontale Schichten sich noch in unveränderter Lagerung befinden, vielmehr können bei vertikaler Zerklüftung der Gebirgsmasse gleichmäßige Hebungen bzw. Senkungen stattgefunden haben, so daß trotz dieser Bewegung die Schichten in horizontaler Lage erhalten worden sind (s. Abs. 86 und 88).

Bei den in ihrer Höhenlage nicht veränderten horizontalen Gesteinsschichten treten Schichtenfugen und vertikale Spalten lediglich als Absonderungsformen auf.

Haben die Schichten jedoch eine vertikale Hebung oder Senkung erfahren, so werden solche Bewegungen bei ausgedehnteren Gesteins-

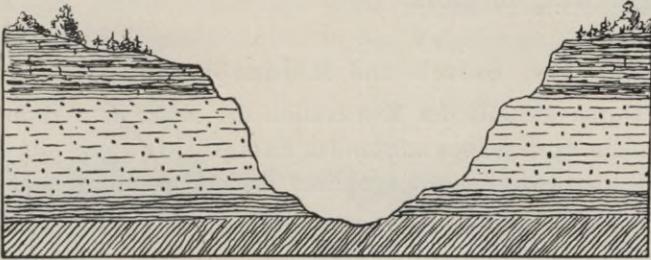


Fig. 13. Horizontale Schichtung.

massen nicht so vollkommen gleichmäßig erfolgt sein, daß nicht zahlreiche Berstungsspalten entstanden wären, parallel denen im Gestein auch reichlich versteckte Ablösungsflächen (Stiche) zu erwarten sind.

In der Regel treten bei derartig dislozierten Schichtensystemen auch nicht unbeträchtliche sekundäre Verwerfungen innerhalb der größeren Schollen auf.

b) Einseitige Schichtenaufrichtung.

77. Die Gesteinsablagerung zeigt ein mehr oder weniger steiles einseitiges Einfallen der Schichten, mit ebenflächiger oder undulierter Ausbildung derselben, s. Fig. 14. Eine solche Lagerungsform setzt das

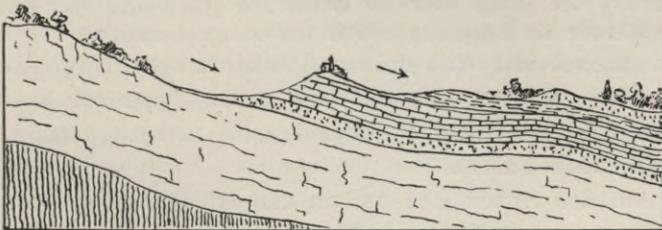


Fig. 14. Einseitig aufgerichtete Schichten.

Vorhandensein einer tief eingreifenden Fraktur jenseits des höchsten Punktes der Ablagerung voraus, und es pflegt auch das Gestein selbst auf der Höhe ziemlich stark zerklüftet zu sein.

Nicht selten ist die Aufrichtung der Schichten nur scheinbar eine einseitige; vielmehr erweisen sich dieselben als die Ausläufer einer in großem Maßstabe entwickelten Sattel- oder Muldenbildung. Aufschluß hierüber vermag nur die Verfolgung der Schichten über größere Erstreckung hin und die Bestimmung ihres Einfallens bezw. ihrer Streichungsrichtung zu geben.

c) Sattel- und Muldenbildung.

78. Durch die mit der Kontraktion der Erdrinde verbundene Zusammenstauchung derselben entstanden Sattelbildungen mit antikliner und Muldenbildungen mit synkliner Schichtenstellung, s. Fig. 15:

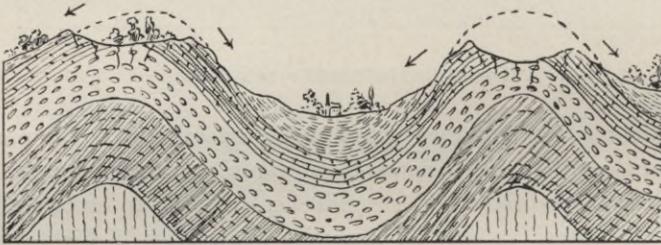


Fig. 15. Sattel- und Muldenbildung (antikline und synkliner Schichtenstellung).

Je nach der Stärke des Horizontalschubes und der Nachgiebigkeit der betreffenden Gesteinsmasse zur Zeit der betreffenden Dislokation, sind die Schichten mehr oder weniger steil aufgerichtet bezw. zerklüftet worden.

Die Ebene, welche den Winkel der Antikline oder Syncline halbiert, nennt man die Achse des Sattels oder der Mulde, die abfallenden oder einander zufallenden Schichten die Schenkel dieser Dislokationsformen.

Man unterscheidet stehende und schiefe bezw. liegende Falten, je nachdem die Achsen senkrecht oder geneigt sind. Erscheinen die Schenkel infolge des starken Zusammenschubes nahezu parallel, so entstehen isoklinale Falten.

79. Auf den Sattelhöhen und in den Muldensohlen, also an den Stellen größter Spannung, erscheinen die Gesteine mehr oder weniger stark zerklüftet. Die Sättel sind deshalb auch auf der Höhe meist erodiert, und wenn eine vollkommene Abtragung des aufgebrochenen Gesteins stattgefunden hat, so entstehen sog. Luftsättel.

In besonderem Grade zerklüftet pflegt das Gestein innerhalb der liegenden Falten zu sein, die sich durch ein flaches Einfallen der in

symmetrischer Wiederholung ausstreichenden Schichten zu erkennen geben (s. Fig. 16).

80. Das Auftreten solcher Faltungen in großem Maßstabe übt meistens auch auf die Niveaudifferenzierungen der Erdoberfläche einen bedeutsamen Einfluß aus und führt zur Entstehung von Mulden- und Satteltälern, deren Ausbildung ohne weiteres einen Schluß auf die allgemeinen Lagerungsverhältnisse in den Talgehängen gestattet.

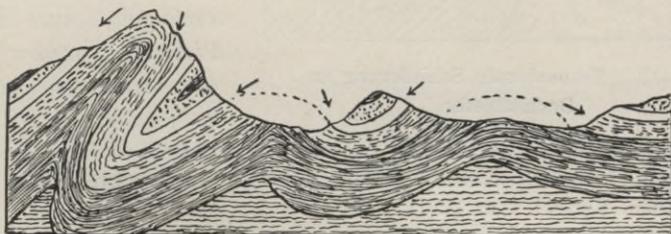


Fig. 16. Liegende Sättel und Mulden.

81. Hat die Faltenbildung in bereits gefestigtem Gestein stattgefunden, so konnte eine stärkere Schichtenbiegung nur durch Umformung mit Bruch zustande kommen, also durch eine kontinuierliche innere Zertrümmerung des Gesteins, Verschiebung der kleinsten Fragmente und Wiederverkittung derselben.

Lassen die Erscheinungen im Bruch auf eine derartige Veränderung des Gesteins schließen, zeigt sich dasselbe insbesondere, neben starker Zerklüftung, von zahlreichen, unregelmäßig verlaufenden Rissen durchsetzt, welche durch authigene, d. h. im Gebirge selbst entstandene Mineralbildungen, ausgefüllt sind, so ist es von größter Wichtigkeit, auf diese Verhältnisse bei der Gesteinsprüfung Rücksicht zu nehmen und die besondere Art der kataklastischen Struktur durch mikroskopische Untersuchung festzustellen.

Ob solche Gesteine als brauchbare Baumaterialien zu betrachten sind, wird insbesondere von der Natur des Zementierungsmittels, wie von der Vollkommenheit der Verkittung abhängen.

82. Bei stark zusammengestauchten, sehr feinkörnigen Gesteinen von dichtem Gefüge, wie insbesondere bei Tonschiefern und Kiesel-schiefern, tritt nicht selten rechtwinklig zur Druckrichtung eine sog. transversale Schieferung auf, s. Fig. 17.

Dieselbe durchsetzt die Schichten unter verschiedenem Winkel und ist mitunter so vollkommen ausgebildet, daß die ursprüngliche Schich-

tung gänzlich zerstört oder doch nur durch den lagenweisen Wechsel der Gesteinsbeschaffenheit bzw. der Farbe erkannt werden kann.

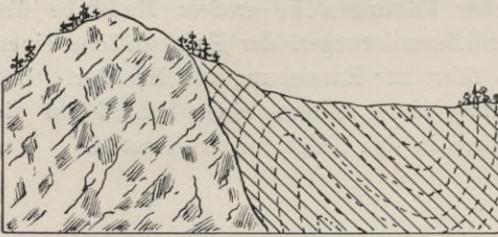


Fig. 17. Transversale Schieferung im Dachschiefer.

Auch hier hängt es von den besonderen strukturellen Verhältnissen des Gesteins ab, inwieweit dasselbe bautechnisch verwertbar erscheint. (Näheres siehe bei dem Kapitel über Dachschiefer).

d) Einseitige Zusammenstauchung der Schichten.

83. Eine solche Zusammenstauchung sedimentärer Schichten findet sich mitunter in der Nähe der von diesen eingeschlossenen Gesteinsstöcke, falls dieselben durch chemische Umwandlung eine Volumvergrößerung erfahren haben, wie z. B. in der Umgebung von Anhydritstöcken, welche durch Wasseraufnahme in Gips umgebildet worden sind.



Fig. 18. Faltung der Schichten durch einseitige Zusammenstauchung.

Die Schichten erscheinen dann vielfach in kurzen Intervallen zusammengestaucht und dabei stellenweise radial zerklüftet, s. Fig. 18.

Nicht selten hat auch hier, durch Infiltration auhtigener Mineralsubstanzen, wiederum eine mehr oder weniger feste Verbindung der zerklüfteten Gesteinsmasse stattgefunden.

e) Einfache Verwerfung.

84. In ursächlichem Zusammenhange mit den Faltungen ganzer Schichtensysteme stehen die in großem Maßstabe ausgebildeten Spalten. Der stattgehabte Seitendruck hat auf die getrennten Gebirgstteile meistens

in ungleichem Maße eingewirkt, und es fanden alsdann Rutschungen der getrennten Gebirgstelle oder sog. „Verwerfungen“ statt, s. Fig. 19.

Die Größe der Rutschung, die „Sprunghöhe“ der Verwerfung, ist z. T. sehr gering, oft beträgt sie aber viele Meter. Die abgesunkenen Teile haben in letzterem Falle meist sehr beträchtliche Zerklüftungen in der Nähe der Verwerfungsspalte erfahren, welche letztere nicht selten mit zertrümmerten Gesteinsmassen ausgefüllt ist.

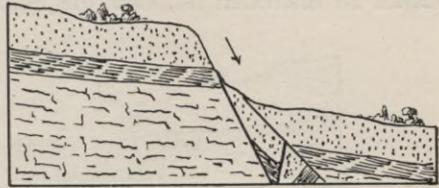


Fig. 19. Verwerfung.

f) Überschiebungen.

85. Mitunter ist der hangende Gebirgstheil an einer schief einfallenden Spalte über das „Liegende“ in die Höhe geschoben worden, so daß ältere Schichten den jüngeren aufgelagert erscheinen. Die hierdurch hervorgerufene Lagerungsform bezeichnet man im Gegensatz zur Verwerfung als „Überschiebung“, s. Fig. 20.

In der Nähe der Spalte pflegen die Schichtenköpfe des Liegenden einseitig umgebogen oder doch beträchtlich zerklüftet zu sein; aber auch die überschobenen Schichten zeigen meist eine starke Zertrümmerung und enthalten deshalb nur selten brauchbares Gesteinsmaterial.

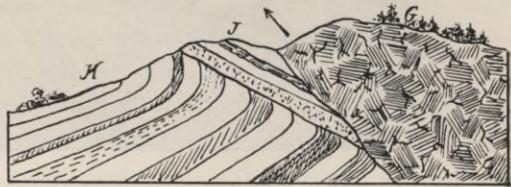


Fig. 20. Überschiebung.

g) Parallele Wiederholung von Verwerfungsspalten.

86. Wie die Faltungen so können auch Verwerfungen, wenn sie in größerem Maßstabe ausgebildet sind, einen markanten Einfluß auf die Form der Gebirgsbildung ausüben.

Treten senkrechte oder gleichmäßig schief einfallende Verwerfungsspalten in nicht zu beträchtlicher Entfernung voneinander auf, so wird durch staffelartiges Absinken der einzelnen Schollen, ein terrassenförmiges Bergland zur Ausbildung gelangen, s. Fig. 21. Sind bei derartigen Verwerfungen die Schichten steil aufgerichtet und bestehen

sie aus abwechselnd härteren und weicheren Gesteinen, so bilden sich durch Erosion hügelige Reliefformen aus, deren tektonische Gliederung daran zu erkennen ist, daß die Schichten mit gleichsinnigem Einfallen

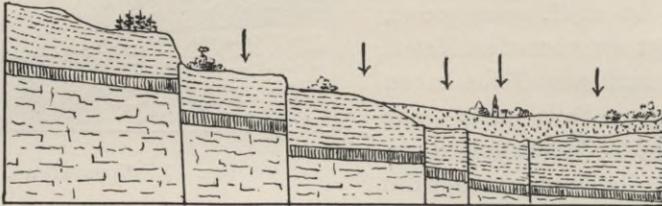


Fig. 21. Senkrechte, staffelförmige Verwerfung.

sich mehrfach in derselben Reihenfolge wiederholen. Der Ausstrich der Spalten ist da anzunehmen, wo das Liegende und Hangende der verschiedenen Schichtengruppen zusammenstößt, s. Fig. 22¹⁾.

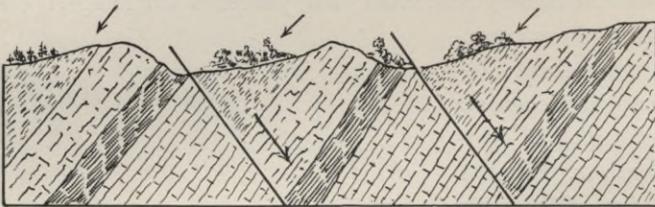


Fig. 22. Wiederholte gleichsinnige Verwerfung an schräge einfallenden Spalten.

87. Senkrechte Verwerfungsspalten finden sich vorzugsweise bei horizontal gelagerten Gesteinen und lassen im allgemeinen auf eine verhältnismäßig geringe destruktive Beanspruchung der abgesunkenen Schollen schließen. Die schief einfallenden Verwerfungsspalten treten dagegen seltener bei horizontal geschichteten als bei stark dislozierten Gesteinen auf und pflegen namentlich im letzteren Falle mit beträchtlichen Zerklüftungen der einzelnen Schollen verbunden zu sein.

88. Blieben in einem Spaltengebiet größere Mittelpartien in ihrer Höhenlage erhalten, während zu beiden Seiten ein bedeutendes Absinken der angrenzenden Schollen stattfand, so entstanden sog. „Horst-

¹⁾ Zu bemerken ist hierbei, daß auch durch starke Zusammenstauchung der Schichten und Auswalzung derselben an den Teilen größter Pressung, ein wiederholter Wechsel von Gesteinsschichten mit gleichsinnigem Einfallen stattfinden kann. Aber auch diese Lagerungsform ist meist mit einer entsprechenden Spaltenbildung verknüpft.

gebirge“, in welchen die Randschollen von der Hauptmasse sowohl durch senkrechte als auch durch schräg einfallende Verwerfungsspalten getrennt sein können, s. Fig. 23 und 24.

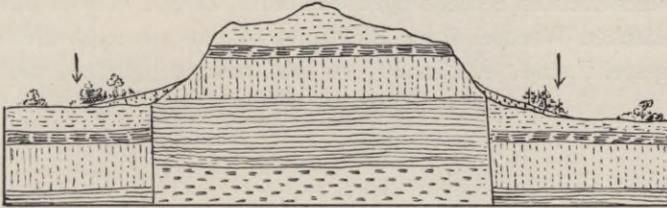


Fig. 23. Horstgebirge mit senkrecht abgesunkenen Randschollen.

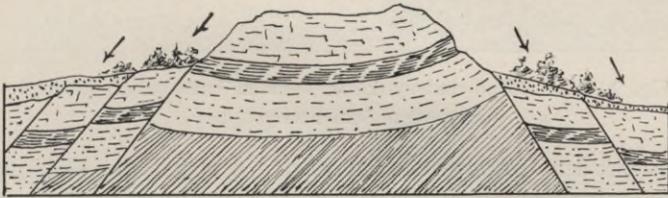


Fig. 24. Horstgebirge mit schräge abgesunkenen Randschollen.

In dem stehengebliebenen Horste zeigt das Gestein meist nur geringfügige Störungen seines Zusammenhanges, dagegen sind in den abgesunkenen Randschollen, namentlich bei schräg einfallenden Verwerfungsspalten, starke Zerklüftungen eine gewöhnliche Erscheinung.

89. Ist ein schmaler Gesteinsstreifen zwischen zwei parallelen oder auch nach der Tiefe konvergierenden Spalten abgesunken, so nennt man die dadurch entstandene Depression eine „Grabensenkung“, s. Fig. 25.

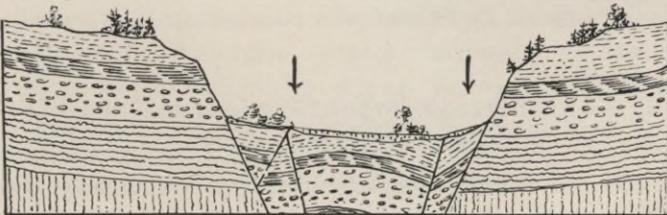


Fig. 25. Grabensenkung mit schräge einfallenden Verwerfungsspalten.

In der Regel zeigen die abgesunkenen Schollen eine sehr starke Zerklüftung mit mannigfaltigen sekundären Verwerfungen.

h) Kombination antikliner und synkliner Verwerfungsspalten.

90. Infolge des ursächlichen Zusammenhanges zwischen Falten- und Spaltenbildungen, treten die letzteren namentlich zahlreich in stark zusammengestauchten Schichtengruppen auf. Zeigen hierbei die Spalten einen vielfachen Wechsel ihrer Richtung, so daß sie teils antiklin, teils synklin gestellt sind, s. Fig. 26, so darf man annehmen, daß die da-

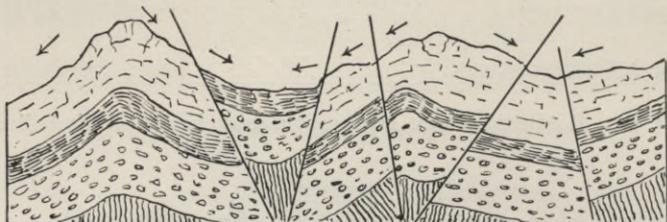


Fig. 26. Antikline und synklone Verwerfungsspalten in stark dislozierten Schichtengruppen.

zwischen liegenden Gesteinsschollen durch den bei der Gebirgsbildung stattgehabten Seitenschub nicht nur eine Hebung bzw. Senkung erfahren haben, sondern auch in der verschiedensten Richtung zusammengedrückt und in beträchtlicher Weise zertrümmert worden sind.

91. Die in solchen Bruchgebieten auftretenden Gesteine gehören daher, selbst bei günstiger petrographischer Zusammensetzung, zu den am wenigsten brauchbaren Baumaterialien. Hält es schon an und für sich schwer, aus solchen Lagern größere Blöcke zu brechen, so erweisen sich dieselben meist von zahlreichen Stichen durchsetzt, und die daraus gefertigten Werksteine erliegen oft schon während eines einzigen Winters der Frostwirkung.

Bei genügend harter Beschaffenheit (Grauwacke, Kieselschiefer) wird das Gestein daher lediglich als Pflaster- oder Schottermaterial Verwendung finden können.

i) Konzentrisch-bogenförmige und radiale Verwerfungsspalten.

92. Die mit derartigen Spaltenbildungen verbundenen Senkungen bezeichnet man als „Kesselbrüche“, s. Fig. 27. Dieselben können sowohl in Gebieten flach gelagerter Schichten, wie im Innern von Kettengebirgen auftreten.

Auch bei dieser Dislokationsform unterliegt die Gesteinsmasse einer mannigfachen Beanspruchung durch Druck- und Zugwirkung, deren

destruktiver Einfluß naturgemäß von der Tiefe des Einbruchfeldes abhängt.



Fig. 27. Kesselbruch im Querschnitt.

Während flache Kesselbrüche unter Umständen noch ein ziemlich brauchbares Material liefern können, erweist sich das letztere in tieferen Brüchen meist derartig zerstückelt, daß es zur Gewinnung größerer Werkstücke nicht verwendbar erscheint.

IV. Schlußbemerkungen zu den geologischen Beobachtungen.

93. Die vorstehende Übersicht über die geologische Struktur und Lagerungsform der Gesteine soll, wie bereits bemerkt, dazu dienen, diejenigen Verhältnisse hervorzuheben, auf welche bei der Untersuchung der Steinbrüche für die Zwecke der technischen Gesteinsprüfung vorzugsweise Rücksicht zu nehmen ist.

Aus der allgemeinen Lagerung und der Ausbildung der Absonderungsformen bezw. des Spaltensystems wird sich auf die mehr oder weniger beträchtliche strukturelle Veränderung schließen lassen, welche die Gesteine unter Einwirkung der kontraktiven und dislozierenden Kräfte erlitten haben.

94. Unterstützt werden diese Feststellungen durch die sorgfältige Beobachtung der Erscheinungen, welche sich beim Loslösen größerer Gesteinsmassen im Bruch durch Sprengung, Keilspalten, Schrämen (Aus-schroten) und Unterhöhlen, wie andererseits beim Zerteilen der gewonnenen Blöcke zu erkennen geben.

In Betracht kommt hierbei namentlich:

- a) die mehr oder weniger vollkommene Ausbildung der Schichtspaltung;
- b) die gewöhnlich in zweifacher Richtung auftretende und nach diesen beiden Richtungen meist ungleichmäßig entwickelte Quer- oder Kopfspaltung;

- c) die Beziehung der großen, die Gesteinsmasse durchsetzenden Bruchspalten zu den Spaltungsflächen innerhalb der gewonnenen Blöcke.

95. Alle diese Beobachtungen ermöglichen es zugleich, die für die Gesteinsprüfung bestimmten Probestücke mit zuverlässigen Bezeichnungen der Lagerfläche, wie der relativ vollkommensten und unvollkommensten Querspaltung zu versehen, so daß die Prüfungsanstalten aus solchen Blöcken sachgemäß orientierte Probekörper für die Festigkeitsversuche und auch orientierte Dünnschliffe für die mikroskopische Untersuchung anzufertigen vermögen.

96. Überdies erscheint die Feststellung der gedachten Verhältnisse insofern auch von unmittelbarer praktischer Bedeutung, als dadurch ein Anhalt für die zweckentsprechende Bearbeitung der Werkstücke gewonnen werden kann.

Es ist bekannt, daß die Verwitterung stets der Richtung der minimalen Kohärenz im Gestein folgt, und deshalb erfahren alle geschichteten Gesteine, wenn sie im Bauwerk auf den Spalt gestellt, also mit ihrer Schichtfläche dem Einfluß der Witterung ausgesetzt werden, eine vorzeitige Zerstörung durch schichtenförmige Abblätterung. Aber auch die Querspaltung übt erfahrungsgemäß eine gleichartige, wenn auch schwächere Wirkung auf die Verwitterbarkeit der Gesteine aus und deshalb werden die Werkstücke, wie bereits an anderer Stelle hervorgehoben wurde, stets derartig zu bearbeiten sein, daß sie nicht nur lagerhaft versetzt werden können, sondern daß die Richtung der vollkommensten Querspaltung rechtwinklig zur Mauerfläche steht, die dieser Richtung entsprechende Quaderfläche also dem Witterungseinfluß entzogen ist. Gelangt diese Regel in den Steinmetzwerkstätten allgemein zur Geltung, so wird dies sicherlich zu einer besseren Wertschätzung mancher der bisher für minderwertig gehaltenen natürlichen Bausteine beitragen.

97. Als Anhalt für die Beobachtung der hier in Rede stehenden Verhältnisse mögen folgende Beispiele dienen.

Fig. 28 zeigt einen Teil der Bruchwand aus dem Sandsteinbruch zu Wünschelburg i. Schl. Das Gestein steht in mächtigen, lagerhaften Felsen an, die von zwei senkrechten Kluftsystemen durchsetzt werden. Die Lose sind teils dicht geschart, teils aber von so beträchtlichem Abstand, daß Blöcke von bedeutender Größe gewonnen werden können. Einen solchen Block von ca. 560 cbm zeigt Fig. 29. An demselben ist die Lagerfläche sehr eben ausgebildet, und es entsprechen den beiden rechtwinkligen Kluftflächen zwei Spaltungsrichtungen, von denen die im Bilde von oben links nach unten rechts gerichtete sich, von



Fig. 28. Partie aus dem Sandsteinbruch zu Wünschelburg
(Carl Schilling).

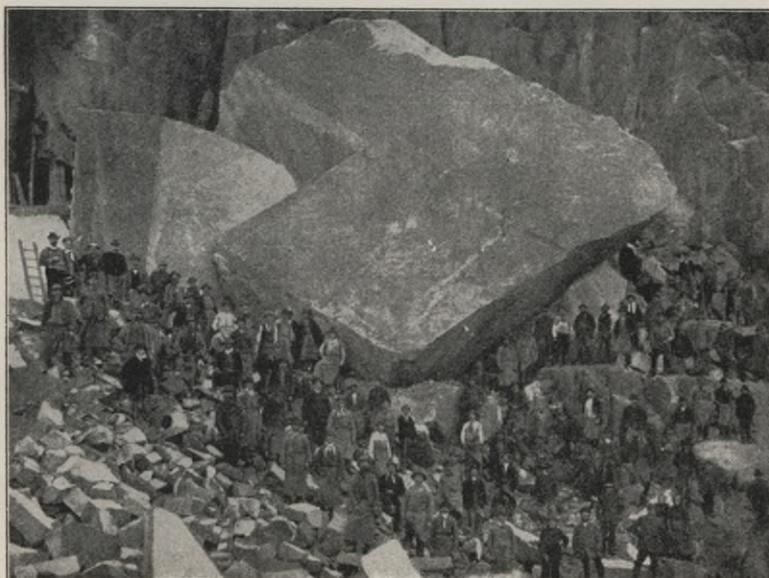


Fig. 29. Block von ca. 560 cbm aus dem Sandsteinbruch zu Wünschelburg
(Carl Schilling).

dem abgespalteten Eckstück aus, durch den ganzen Block verfolgen läßt und als die vollkommenerere erscheint.

Es wird sich im Bruch leicht feststellen lassen, welcher Kluft-richtung diese Spaltung parallel geht, und ferner, ob der gleichen Streichung stets die vollkommenerere Querspaltung entspricht. Danach wird dann die Bezeichnung der Begrenzungsflächen an den für die Gesteinsprüfung bestimmten Probestücken, wie andererseits die Bearbeitung der Werkstücke zu erfolgen haben.

98. Fig. 30 gibt eine Abbildung des Muschelkalksteinbruchs zu Hardheim. Auch hier steht das Gestein in horizontalen Bänken an,



Fig. 30. Muschelkalksteinbruch „Hardheim“ (Kaisersteinbruch-Akt.-Ges. in Köln a. Rh.).

jedoch nur von mittlerer Mächtigkeit, wie das im allgemeinen innerhalb der Muschelkalkformation der Fall ist. Das Lager wird von zwei senkrechten Kluftsystemen durchsetzt, deren Ablösungen im allgemeinen in beträchtlichen Entfernungen voneinander auftreten, so daß große, tafelförmige Blöcke gewonnen werden können.

Der in Fig. 31 abgebildete Block zeigt eine ebene Lagerfläche, und man erkennt, daß die in dem Bilde vertikale, rechtwinklig zum Lager stehende Querspaltung die vollkommenerere ist, während die zweite, welche hier den Block oben abschließt, unregelmäßig ausgebildet erscheint.

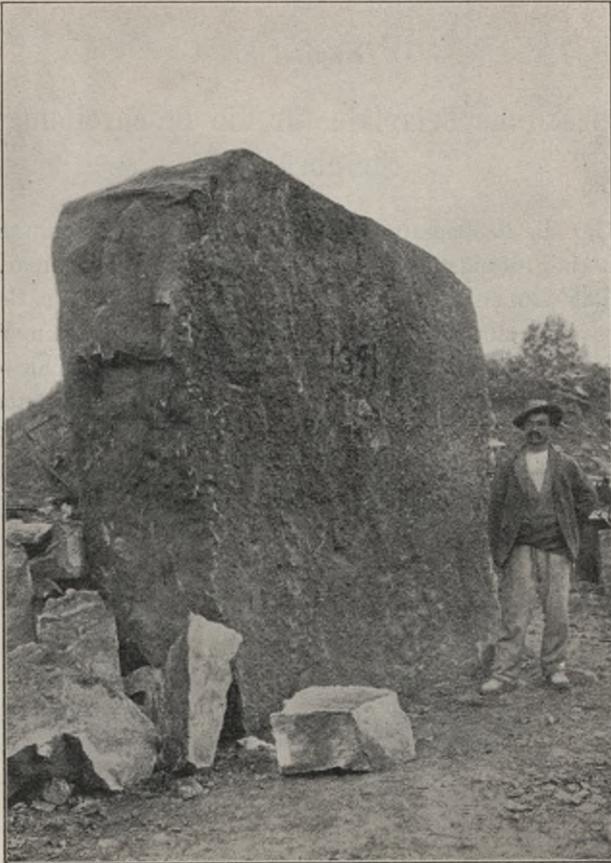


Fig. 31. Block aus dem Muschelkalksteinbruch „Hardheim“
(Kaisersteinbruch-Akt.-Ges. in Köln a. Rh.).

Durch Beobachtung im Bruch werden diese Verhältnisse zu kontrollieren und überdies festzustellen sein, mit welcher Kluftrichtung die Lage der deutlichsten Querspaltung übereinstimmt.

Kapitel 5.

Schematische Beispiele für die Beschreibung von Steinbrüchen.

99. Um die Beobachtungen über die Gesteinsausbildung im Bruch in den Materialprüfungsanstalten berücksichtigen zu können, ist es erforderlich, daß dem eingesandten Probematerial zugleich eine Beschreibung des Bruches und zur Veranschaulichung der geschilderten Verhältnisse eine Profil- und Grundrißskizze beigelegt wird, welche erstere die Nummern der einzelnen Proben in den betreffenden Schichtenlagen eingezeichnet enthält.

Als Anhalt für eine zweckentsprechende Probeentnahme im Steinbruch und für die Beschreibung des Gesteinsvorkommens mögen die folgenden Beispiele dienen.

100. Sandsteinbruch zu, 3 km westlich von dem Dorfe, Kreis, Reg.-Bez.

Hierzu ein Profil (Fig. 32) nebst Grundriß (Fig. 33).

Der Sandstein gehört der Kreideformation an. Der Bruch ist seit dem Jahre 1852 in ununterbrochenem Betrieb. Gegenwärtige Förderung ca. 1400 cbm. Besitzer: zu

1. Gesamtmächtigkeit des aufgeschlossenen Lagers: 14,5 m. Abbausohle: ca. 72 m lang und ca. 18 m tief.

2. Lagerung: Nahezu horizontal. (Ev. Fallwinkel und Streichungsrichtung anzugeben.)

3. Das aufgeschlossene Lager ist in seiner ganzen Mächtigkeit von zwei Systemen senkrechter Spalten durchsetzt, von denen die weniger regelmäßig verlaufenden parallel der Bruchwand gerichtet sind (Bezeichnung an den Flächen der Probestücke: Q_1), die scharf ausgebildeten nahezu rechtwinklig dazu stehen (Bezeichnung wie oben Q_2). Nach Q_1 spaltet das Gestein unvollkommen und muschelrig, nach Q_2 dagegen ziemlich vollkommen und ebenflächig.

Die Entfernung der Bruchspalten schwankt, abgesehen von einzelnen Stellen dichter Scharung, zwischen 0,7 und 3,5 m.

4. Abraum: 0,5 bis 1 m starke Sandschicht mit zahlreichen, ziemlich mürben Bruchstücken des Sandsteins aus Schicht A (Probematerial Nr. 1).

5. Reihenfolge der Schichten:

A) 1 bis 1,4 m mächtige Lage aus stark zerklüftetem, gelbem, zermürbtem Sandstein (Probematerial Nr. 2).

B) 3 bis 3,5 m mächtige Lage aus hellgelbem, geschichtetem, etwas mürbem Sandstein, der in Schichten von 0,5 bis 0,7 m Mächtigkeit bricht, mit quader-

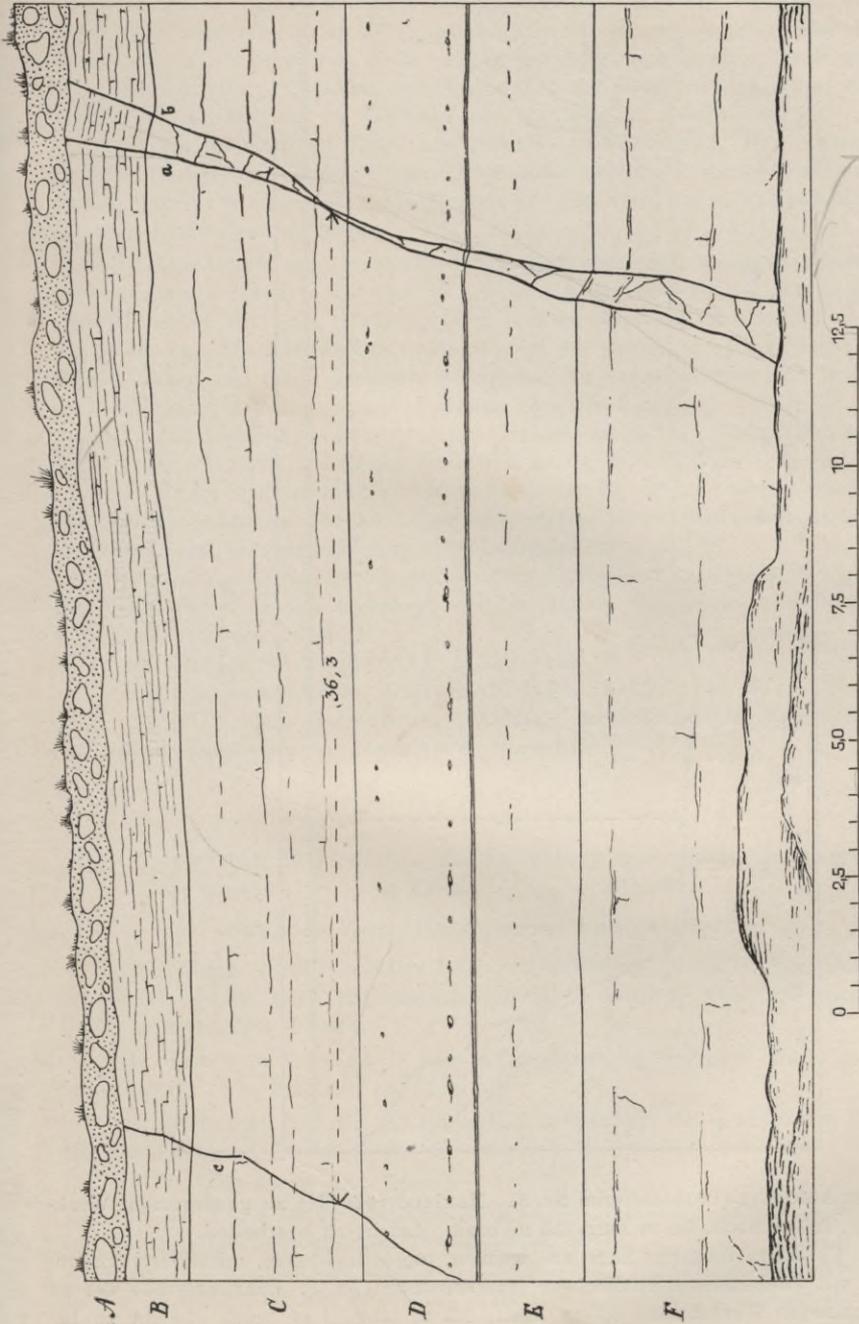


Fig. 32. Sandsteinbruch zu
(Profil).

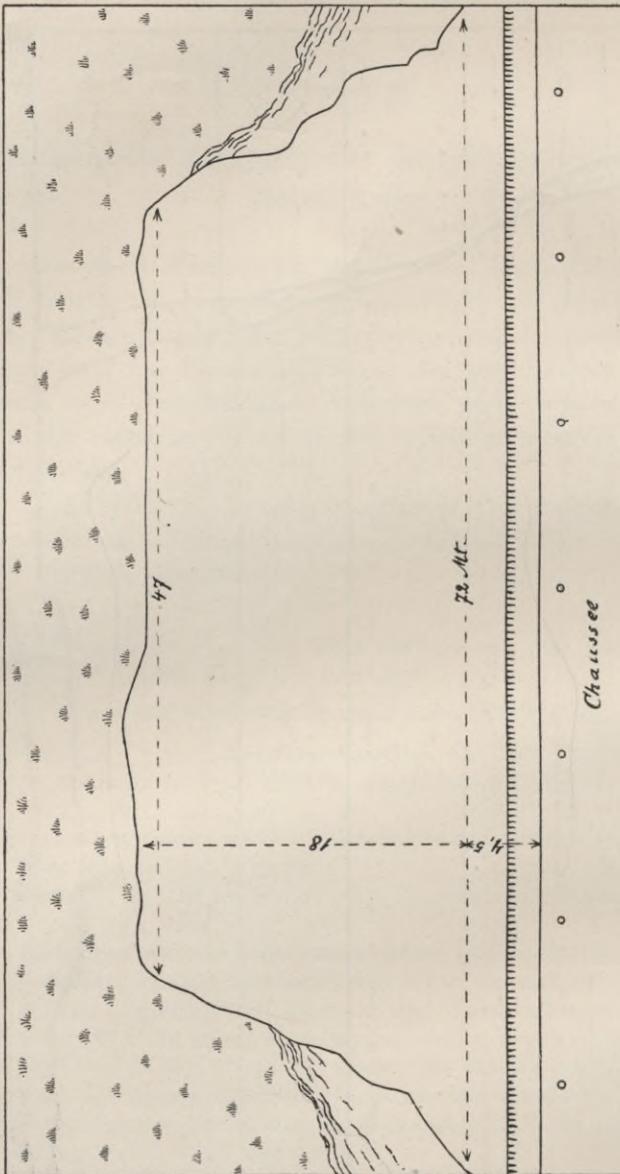


Fig. 33. Sandsteinbruch zu
(Grundriß).

artiger Ablösung (Probematerial Nr. 3). Maximalgröße der zu gewinnenden Werksteine: 0,4 m hoch, 0,6 m lang, 0,5 m breit. Leicht zu bearbeiten.

C) 2,1 m mächtige Lage aus weißem, ungeschichtetem, mittelhartem Sandstein mit zwei Reihen Sandlöchern (Probematerial Nr. 4). Maximalgröße der zu gewinnenden Werksteine: 0,7 m hoch, 1,5 m lang, 1 m breit. Leicht zu bearbeiten.

D) 1,9 bis 2,3 m mächtige Lage aus ungeschichtetem, weißem, hartem Sandstein (Probematerial Nr. 5). Maximalgröße der zu gewinnenden Werksteine: 0,8 m hoch, 1,4 m lang, 1 m breit. Etwas schwerer zu bearbeiten als B und C.

Anmerkung: Zwischen den Schichten C und D tritt ein ca. 9 mm starker toniger Besteg auf, der im Frühjahr und Herbst stark wasserhaltig ist.

E) 3,5 m mächtige Lage aus grauem, grobkörnigem, sehr quarzigem, hartem Sandstein mit spärlichen Glaukonitkörnchen (Probematerial Nr. 6). Maximalgröße der zu gewinnenden Werksteine: 1 m hoch, 1,5 m lang, 1,2 m breit. Ziemlich schwer zu bearbeiten.

6. Der Bruch zeigt an der östlichen Seite zwei sich kreuzende, unter ca. 60° einfallende Klüfte a b von je 1,5 cm Breite, an welchen die Schichten schwach verworfen sind. Zwischen den Klüften zerstückeltes Gestein. Auf 20 bis 30 cm von den Klüftflächen entfernt zeigt der Sandstein eine stärkere, rostgelbe Färbung und etwas geringere Festigkeit. An der westlichen Seite tritt eine ca. 1 cm breite, den erstgenannten nahezu parallele Kluft auf.

7. Die Bruchfeuchtigkeit des Gesteins ist gering. Reichliches Sickerwasser tritt während der nassen Jahreszeit nur in den Klüften a, b und c auf.

8. Ältere Anbruchsstellen der Lagen D und E, welche aus der ersten Zeit des Betriebes stammen dürften, zeigen eine mäßige Oberflächenverwitterung ohne namhafte Festigkeitsverminderung (Probematerial Nr. 7 und 8).

9. Auf der Oberfläche des Bruches finden sich vereinzelte Blöcke, die mit einer grauen Flechte überzogen sind, im Innern aber noch ziemlich fest erscheinen (Probematerial Nr. 9).

10. Jährliche Förderung: ca. 1400 cbm.

11. Abbaumethode: Unterhöhlungsarbeit.

12. Bisherige Verwendung: Genaue Bezeichnung der Bauwerke und der Verwendungsweise des Materials zu denselben.

101. Granitbruch zu, unmittelbar an dem nördlichen Ausgange des Dorfes, Kreis, Reg.-Bez.

Hierzu ein Profil (Fig. 34) nebst Grundriß (Fig. 35).

Der Bruch wurde im Jahre 1902 aufgeschlossen, doch ist der Abbau in den ersten Jahren nur vorübergehend betrieben worden. Seit 1905 steht der Bruch in regeltem Betrieb.

1. Gesamtmächtigkeit des aufgeschlossenen Gesteins: ca. 13 m. Abbausohle: ca. 10 m lang und ca. 3,5 m tief.

2. Abraum: Ackerboden 0,2 bis 0,6 m mächtig, mit vereinzelten Granitblöcken durchsetzt (Probematerial der letzteren Nr. 1).

3. Reihenfolge der Lagen:

A) ca. 1 m mächtige, zersetzte Schwarte, rostbraun gefärbt, mürbe und von dünnplattiger Absonderung (Probematerial Nr. 2).

B) ca. 3 m mächtige Lage von unregelmäßig bankförmig abgesondertem, an der Oberfläche ockerig gefärbtem, zerklüftetem Gestein (Probematerial Nr. 3). Verwendung zu Steinschlag.

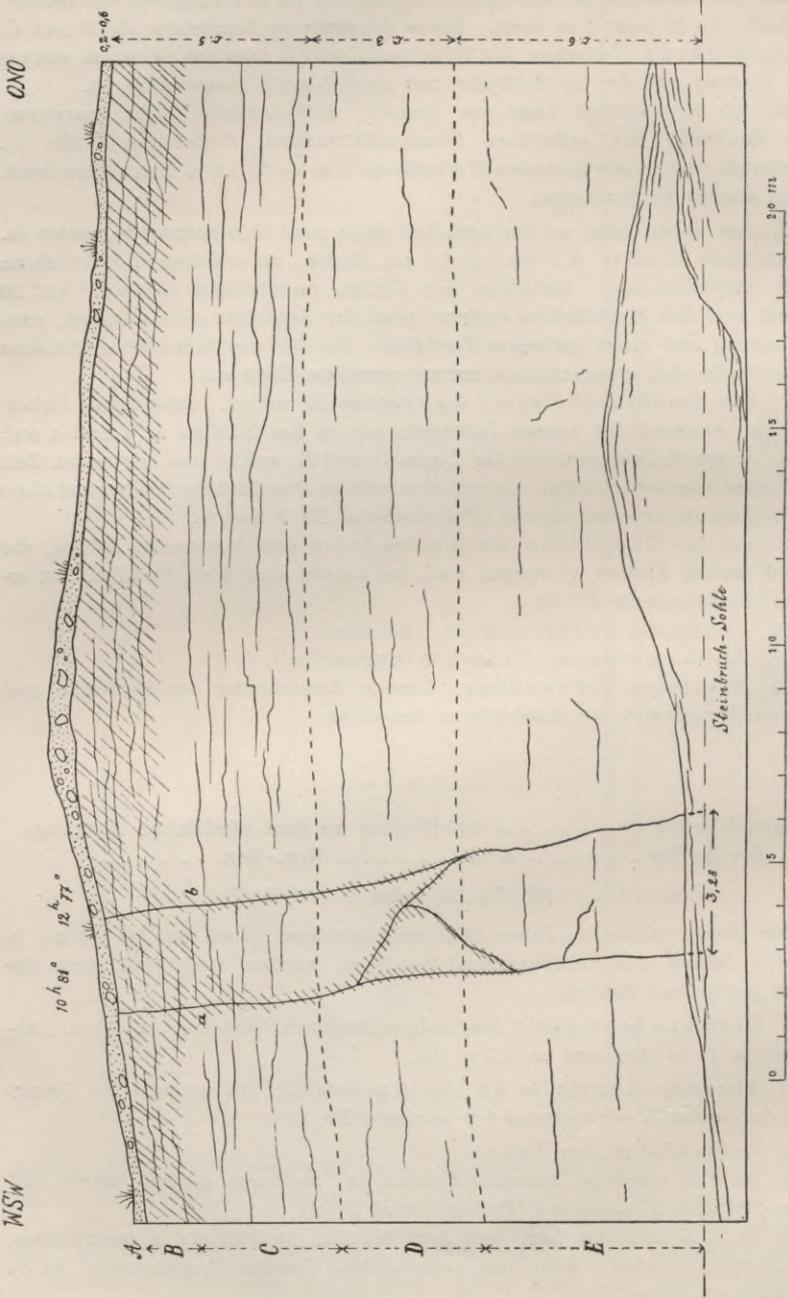


Fig. 34. Granitbruch zu
(Profil).

C) ca. 3 m mächtige Lage von feinkörnigem Gefüge, z. T. in bankförmigen Blöcken von 0,3 bis 0,5 m Mächtigkeit brechend (Probematerial Nr. 4). Maximalgröße der zu gewinnenden Werksteine: 0,4 m hoch, 1 m lang, 0,6 m breit.

D) ca. 6 m mächtige, feste Lage von klein- bis mittelkörnigem Gefüge (Probematerial Nr. 5). Stellenweise ist der Granit ungleichkörnig, mit vorwaltendem Feldspat und enthält hin und wieder kleinere Drusenräume mit Feldspat- und Quarzkristallen (Probematerial Nr. 6). Maximalgröße der zu gewinnenden Werksteine: 0,8 m hoch, 1,2 m lang, 0,8 m breit.

4. Der Bruch zeigt an der Westseite zwei nahezu parallele, steil einfallende Klüfte a b, zwischen denen das Gestein innerhalb der Lage C zerstückelt ist. Bis auf 15 cm von den Klüften entfernt erscheint der Granit schwach rostbraun gefärbt (Probematerial Nr. 7). Unregelmäßig ausgebildete Ablösungsflächen durchsetzen das Gestein annähernd parallel der Bruchwand (Bezeichnung an den Flächen der Proben: Q_1) in Entfernungen von 0,5 bis 1,5 m; scharf ausgebildete, ebenflächige Druckspalten parallel den Klüften a b (Bezeichnung wie oben Q_2) in Entfernungen von 1,2 bis 3 m. Beide Ablösungsflächen schneiden sich unter ca. 80° .

5. Bruchfeuchtigkeit gering; in den Spalten a b tritt jedoch reichliches Sickerwasser auf.

6. Die seit dem Jahre 1902 stehen gebliebene Anbruchfläche zeigt stellenweise eine schwach rostbraune Färbung, ohne wahrnehmbare Festigkeitsverminderung (Probematerial Nr. 8).

7. Auf der Oberfläche des Bruches finden sich rostbraun gefärbte Granitblöcke (Probematerial Nr. 9).

8. Jährliche Förderung: ca. 600 cbm.

9. Abbaumethode: Durch Sprengarbeit und Keilspalten.

10. Bisherige Verwendung des Materials:

- a) Aus der Lage B: Schottermaterial für den Chausseebau der Umgegend.
- b) Aus der Lage C: Treppenstufen, Sockelbekleidung usw. Angabe der Bauwerke.
- c) Aus der Lage D: Werksteine usw. Angabe der Bauwerke.

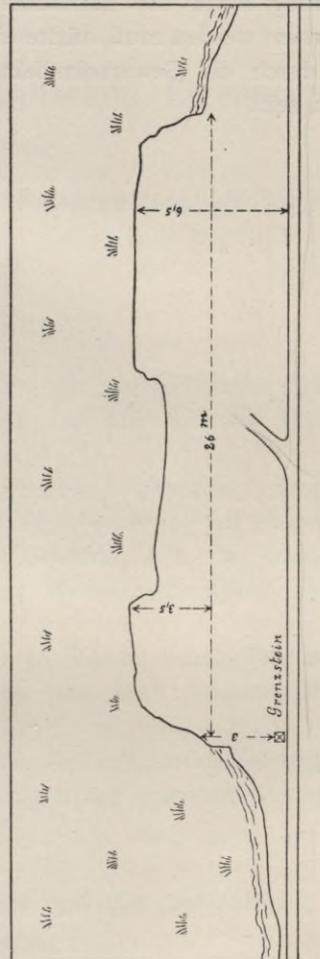


Fig. 35. Granitbruch zu
(Grundriß).

102. Da die sachgemäße Auswahl der Gesteinsproben sowie die Zuverlässigkeit der Angaben über die Ausbildung des Gesteins im Bruch die Vorbedingung für die Erzielung zutreffender Prüfungsergebnisse bilden, so erscheint es erforderlich, daß die Ausführung dieser Arbeiten, in gleicher Weise wie die Gesteinsprüfung selbst, von amtlicher Seite bewirkt wird. In Fällen wo dies nicht angängig ist, und die betreffende Erhebung sowie die Entnahme der Proben den Bruchbesitzern selbst überlassen werden muß, dürfte eine Kontrolle durch die Kreisbaubeamten, oder durch die Gewerbeinspektoren der betreffenden Bezirke zu empfehlen sein.

II. Teil.

Die Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Gesteine.

Festigkeit, Härte, Raumgewicht und Wasseraufsaugungsfähigkeit.

Kapitel 6.

Festigkeitsprüfungen.

103. Die Prüfung auf Festigkeit hat für die technische Gesteinsuntersuchung eine mehrfache Bedeutung; es soll dadurch bestimmt werden:

a) die Widerstandsfähigkeit der Gesteine gegenüber ihrer Beanspruchung auf Druck, Biegung, Zug und Abscherung im Bauwerk;

b) die Kornbindungsintensität der Gesteine, d. h. der Grad ihrer Gefügefestigkeit, behufs Beurteilung der Wetterbeständigkeit des Materials;

c) die Erweichbarkeit der Gesteine in Wasser, durch Vergleichung ihrer Festigkeit in trockenem Zustande und nach längerer Wasserlagerung;

d) der Einfluß der Frostwirkung durch Vergleichung der ursprünglichen Festigkeit des Gesteins mit derjenigen der wassergetränkten und mehrfach gefrorenen Proben.

1. Die Auswahl des Probematerials und die Herstellung der Probekörper.

104. Das erste Erfordernis für eine den praktischen Anforderungen entsprechende Ausführung der Festigkeitsprüfungen ist eine derartige Auswahl des Probematerials, daß aus seiner Untersuchung ein Schluß auf die Festigkeitsverhältnisse der Gesamtförderung eines Bruches gezogen werden kann. Bereits in Abs. 4 S. 4 ist deshalb die Forderung

aufgestellt worden, daß sämtliche als verschiedenartig erscheinende, abauwürdige Gesteinslagen einer gesonderten Prüfung unterzogen werden.

Um hierbei aber unnötige Arbeiten zu vermeiden und die Prüfung auf ein möglichst geringes Maß einzuschränken, empfiehlt es sich, daß zunächst aus jeder dieser Lagen etwa faustgroße, roh geschlagene Probestücke, an denen jedoch die Lagerfläche angezeichnet sein muß, den Prüfungsanstalten zur Voruntersuchung eingeliefert werden. Erst, nachdem von diesen Proben Dünnschliffe angefertigt und an denselben die mehr oder weniger abweichenden Strukturverhältnisse festgestellt worden sind, wird sich bestimmen lassen, für welche Lagen eine spezielle Prüfung erforderlich erscheint.

105. Aus den hiernach zu bezeichnenden Bruchlagen sind Blöcke von solcher Form und Größe zu entnehmen, daß daraus in den Prüfungsanstalten Würfel von 28 cm Kantenlänge, nach den Lagerflächen und Querspaltungen orientiert, mittels der Diamantsäge geschnitten werden können. Die rohen Blöcke sind hierzu mit entsprechenden Bezeichnungen zu versehen, wie dies in Abs. 49 S. 22 erörtert worden ist. Die so hergestellten Würfel werden alsdann des weiteren zerteilt, um die für die verschiedenen Arten der Festigkeitsprüfung erforderlichen Probekörper zu erhalten.

Stets müssen diejenigen Proben, welche zu vergleichenden Versuchen hinsichtlich der Festigkeit des Gesteins in trockenem Zustande, nach längerer Wasserlagerung, sowie nach wiederholtem Gefrieren verwendet werden sollen, aus ein und demselben Block, und zwar in gleicher Weise orientiert, geschnitten werden.

106. Bisher war es im allgemeinen üblich, daß den Prüfungsanstalten für die Druckfestigkeitsbestimmungen würfelförmig bearbeitete Proben aus den Brüchen geliefert wurden, an denen man alsdann in der Anstalt zwei parallele Flächen, die als Druckflächen dienen sollten, glatt hobeln oder schleifen ließ.

Bei einem derartigen Verfahren blieb es aber fraglich, ob die betreffenden Proben aus derselben oder aus verschiedenen Lagen des Bruches stammten, ob die Flächen an den einzelnen Würfeln die gleiche Orientierung zu den Schicht- und Druckflächen des Lagers besaßen, und endlich, ob die mit dem Spitzhammer bearbeiteten Würfel nicht beträchtlich an Festigkeit durch jene Bearbeitung eingebüßt hatten.

Hinsichtlich der mangelnden Orientierung der gelieferten Würfel ist in Betracht zu ziehen, daß im allgemeinen jedes natürliche Gestein, selbst die massigen Felsarten nicht ausgeschlossen, nach drei Richtungen

eine mehr oder weniger verschiedene Festigkeit besitzt, und zwar sind hierbei zu unterscheiden:

1. Die Richtung der Schichtungsfläche bei sedimentären, die der Kontraktions- bzw. Absonderungsflächen bei massigen Gesteinen; 2. die Richtung der Druckspalten in der anstehenden Gesteinsmasse; 3. die Richtung der durch Senkung zwischen den Druckspalten hervorgerufenen Ablösungsflächen (s. Abs. 53 S. 24).

Werden die Probewürfel ohne Rücksicht auf diese Verhältnisse hergestellt, so können die Resultate der Festigkeitsprüfung auch bei gleichartig struieren Gesteinen nicht unbeträchtliche Abweichungen ergeben.

Hierzu kommen aber noch die Gefügeänderungen, welche das Gestein bei Herstellung der kleinen Würfel von 6 cm Kantenlänge mittels des Spitzhammers erfährt. Jeder Hammerschlag erzeugt im Gestein, je nach seiner Struktur und Sprödigkeit, einen Kapillarriß von mehr oder weniger beträchtlicher Tiefe, so daß die bearbeiteten Flächen von zahlreichen feinen Spalten durchsetzt werden.

Nach alledem darf es nicht wundernehmen, wenn die auf die gedachte Weise hergestellten Probewürfel, selbst bei gleichmäßiger Beschaffenheit des Gesteins, sehr erheblich voneinander abweichende Prüfungsergebnisse liefern.

107. Als Beispiele für die Größe dieser Abweichungen mögen die Resultate von Druckfestigkeitsprüfungen dienen, wie sie in der Technischen Versuchsanstalt zu Berlin an einer Reihe verschiedener Gesteine erhalten worden sind¹⁾.

| | |
|---------------------------------------------|--------------------------|
| Granit aus dem Forstrevier Oberau | 1718,5 bis 2418,4 kg/qcm |
| „ von Warberg (Schweden) | 1954,4 „ 2864,2 „ |
| „ ? ²⁾ | 882,5 „ 2250,7 „ |
| „ ? | 687,6 „ 1448,9 „ |
| „ von Kappelrodeck | 741,3 „ 1634,5 „ |
| „ „ Weißtrops bei Dresden | 1887,0 „ 3302,2 „ |
| „ ? | 572,8 „ 1853,3 „ |
| „ von Isteheda (Norwegen) | 808,7 „ 1853,3 „ |
| „ „ Hälleforschult (Schweden) | 2358,0 „ 4144,6 „ |
| Basaltlava von Kottenheim-Mayen | 712,8 „ 1188,0 „ |
| Dolerit von Lohrberg | 874,8 „ 1512,0 „ |
| Lenneschiefer von Müngsten | 977,2 „ 1988,1 „ |

¹⁾ Mitteilungen aus den Kgl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin Jahrg. 1897 S. 50 u. f.

²⁾ Für die mit Fragezeichen versehenen Gesteine ist ein Fundort nicht angegeben.

| | |
|--------------------------------------------------|-------------------------|
| Schiefer aus dem Forstrevier Breitenal | 799,2 bis 1058,4 kg/qcm |
| Kalkstein von St. Joire | 540,0 „ 1058,4 „ |
| „ ? | 540,0 „ 1177,0 „ |
| „ aus dem Hespertal | 907,2 „ 2030,4 „ |
| Sandstein ? | 123,1 „ 466,6 „ |
| „ von Deutmansdorf | 377,2 „ 593,2 „ |
| „ „ Stroit | 426,9 „ 711,6 „ |
| „ vom Baumberge bei Notfuln | 231,8 „ 423,2 „ |
| „ ? | 298,1 „ 583,2 „ |
| „ vom Liebfrauenberge bei Quedlinburg | 61,6 „ 164,2 „ |
| „ von Berga a. E. | 32,4 „ 113,4 „ |
| „ „ Oberbettingen | 280,8 „ 453,6 „ |
| „ „ Wünschelburg | 475,2 „ 731,4 „ |
| „ „ Hassel | 97,2 „ 332,6 „ |
| „ „ Landstuhl | 328,3 „ 691,2 „ |
| „ „ Herrenwald | 324,0 „ 665,0 „ |
| „ „ Alt-Warthau | 479,4 „ 711,6 „ |
| „ „ Kochern | 308,9 „ 617,8 „ |
| „ aus dem Wingertal | 442,8 „ 820,8 „ |
| „ vom Süntel bei Münden | 648,0 „ 907,2 „ |
| „ von Ursberg bei Staudernheim | 247,2 „ 428,4 „ |
| „ „ „ „ | 259,2 „ 604,8 „ |
| „ ? | 257,0 „ 712,8 „ |
| „ von Vöcklinshofen (Elsaß) | 1339,2 „ 2916,0 „ |

108. Wenngleich Abweichungen in den Resultaten der Festigkeitsprüfung nach Maßgabe der wechselnden Strukturbeschaffenheit der natürlichen Gesteine stets zu erwarten sind, so dürften doch Differenzen in solchem Umfange, wie sie die vorstehenden Beispiele zeigen, in den meisten Fällen auf die bisher übliche Art der regellosen Auswahl und mangelhaften Bearbeitung des Probematerials zurückzuführen sein.

Liefere aber nach den einzelnen Lagen zusammengestellte und sachgemäß bearbeitete Probekörper trotzdem erheblich voneinander verschiedene Resultate, so werden dieselben in zuverlässigerer Weise als bisher einen Maßstab für die ungleichmäßige Strukturausbildung des Materials zu geben vermögen.

109. Eine besondere Sorgfalt erfordert die Herstellung der Probekörper deutlich geschichteter Gesteine, bei denen neben den im allgemeinen auftretenden Texturabweichungen auch die Ungleichmäßigkeiten in Betracht kommen, welche die einzelnen Kornschichten infolge der zeitlichen Verschiedenheit ihrer Ablagerung und der damit in Zusammenhang stehenden ungleichen Bedingungen der Ausbildung des Gesteins aufweisen können.

Es ist ohne weiteres klar, daß vergleichbare Resultate nur an solchen Probekörpern zu erhalten sind, welche dieselben Kornlagen

enthalten, und bei denen die Festigkeitsbeanspruchung in derselben Richtung stattfindet.

Für die Herstellung sachgemäßen Probematerials mag das folgende Beispiel der Herstellung von Zerreißungskörpern dienen, wobei zu bemerken ist, daß die gleichen Gesichtspunkte auch für die Anfertigung der Probekörper zu Druck-, Biegungs- und Scherfestigkeitsbestimmungen sinngemäße Geltung haben.

110. Zwei würfelförmig geschnittene Blöcke von 28 cm Kantenlänge, welche demselben Schichtenhorizont entstammen, werden derartig zerteilt, wie es Fig. 36 und 37 andeutet. Bei einem dieser Würfel, Fig. 36, werden die Schnitte so geführt, daß die Zerreißungsflächen $Z_1 Z_2$ rechtwinklig zur Schichtung stehen; bei dem zweiten Würfel, Fig. 37, erfolgen die Schnitte derartig, daß die Zerreißungsflächen $Z_1 Z_2$ parallel zu den Schichtungsflächen gerichtet sind.

Im ersteren Falle (Fig. 36) entstehen 6 Gruppen von je 8 Probekörpern, nämlich 1—8, 9—16, 17—24, 25—32, 33—40 und 41—48, von welchen jede Gruppe dieselben Schichtenlagen enthält, während den verschiedenen Gruppen auch verschiedene Schichten entsprechen, und dasselbe gilt naturgemäß für die betreffenden Zerreißungsflächen der Körper. Vergleichbar sind hiernach nur die Festigkeits-

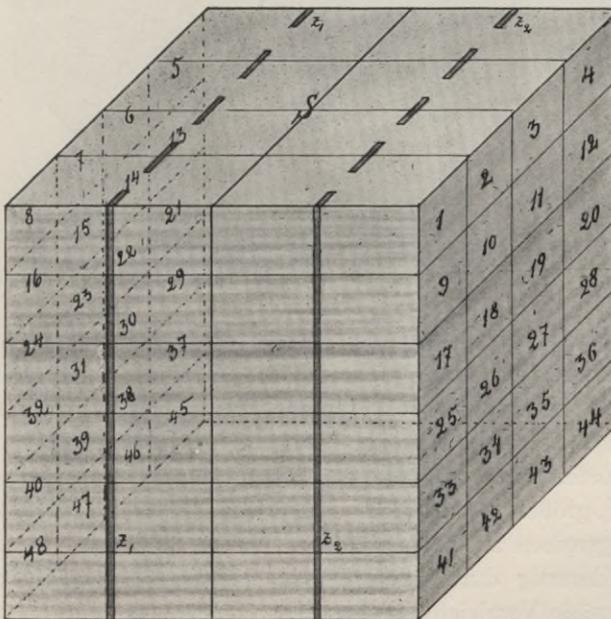


Fig. 36.

werte, welche an je 8 Probekörpern derselben Schichtlage erhalten worden sind, also die Resultate von je 4 Körpern in trockenem und wassergesättigtem Zustande bezw. nach wiederholtem Gefrieren, wie beispielsweise die Werte der Proben 1—4 und 5—8, 9—12 und 13—16 usw.

Im zweiten Fall, Fig. 37, liegen die Zerreißungsflächen $Z_1 Z_2$ innerhalb der Schichtung, und zwar erfolgt die Zerreißung der Probekörper 1—24 durchgehend nach der Fläche Z_2 , die der Probekörper 25—48 nach der Fläche Z_1 . Nur innerhalb dieser beiden Gruppen können vergleichbare Resultate erhalten werden.

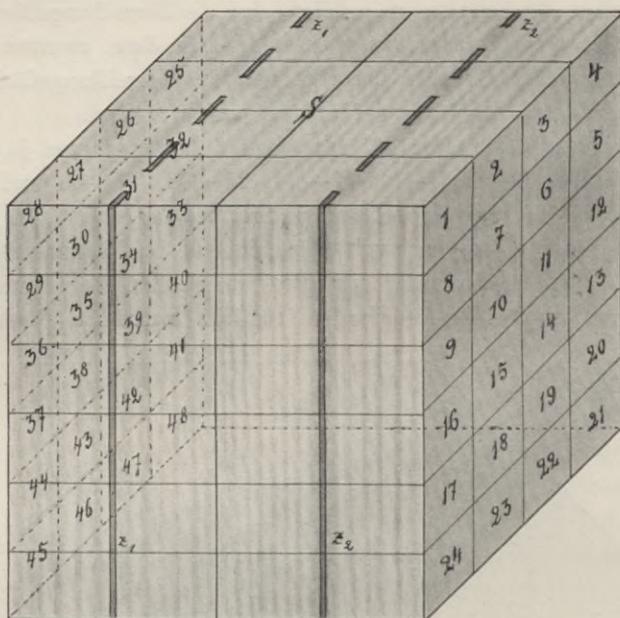


Fig. 37.

Aber auch bei dieser Auswahl der Probekörper dürften, infolge ungleichmäßiger Kornbindung innerhalb derselben Schichtenlagen, abweichende Festigkeitswerte vorkommen, und man wird in solchen Fällen, in gleicher Weise wie bei der Prüfung massiger Gesteine, die Erweichungskoeffizienten und die der Frostbeständigkeit aus dem Durchschnitt der größten, mittleren und kleinsten Werte der bezüglichen Beobachtungsreihen zu bilden haben.

Eine derartig durchgeführte Untersuchung ermöglicht nicht nur eine sachgemäße Vergleichung der unter verschiedenen Bedingungen (an Trocken-, Na- und Frostproben) erhaltenen Festigkeitswerte, sondern

läßt überdies erkennen, ob die Partien geringerer Kornbindung unregelmäßig oder nach bestimmten Richtungen im Gestein verteilt sind.

Die Nummerierung der Probekörper erfolgt am besten in folgender Weise. In einer quadratischen Blechscheibe von 28 cm Kantenlänge werden entsprechend den Stirnflächen der einzelnen Probekörper Löcher ausgestanzt und neben denselben die betreffenden Nummern nach Fig. 36 und 37 eingeschlagen. Ist der Block durch die 3 Schnitte parallel S zerteilt, so legt man die Blechscheibe auf die Schnittfläche und schreibt nunmehr die einzelnen Nummern in die Lücken der Schablone auf die

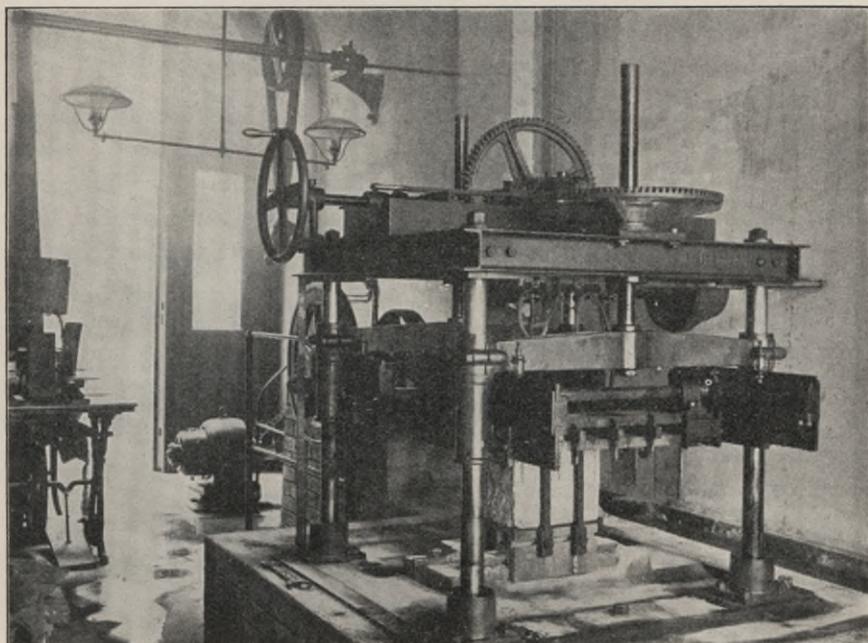


Fig. 38. Diamantschneidegatter, ausgeführt von der Maschinenfabrik Akt.-Ges. in Marktredwitz i. Bayern.

Gesteinsoberfläche mittels Ausziehtusche. Nach dem Zerschneiden des ganzen Blockes trägt dann jeder Probekörper an der Stirnseite die bezügliche Nummer, welche für die Zusammenstellung der vergleichbaren Gruppen maßgebend ist.

111. Die Herstellung der würfelförmigen Blöcke und ihre Zerteilung behufs Gewinnung der Probekörper geschieht, um jede Strukturänderung des Gesteins zu vermeiden, mittels eines Diamantschneidegatters.

Fig. 38 zeigt eine solche Maschine wie sie im Mineralog.-geolog. Institut der Technischen Hochschule Berlin im Gebrauch ist.

Die Sägeblätter (von 58 cm nutzbarer Länge) lassen sich in beliebigem Abstände einspannen, und zwar geschieht dies unter Verwendung Γ -förmiger Schablonen, damit die Schnitte genau parallel erfolgen und die Gesteinsprismen die gewünschte Abmessung erhalten. Eine vierfache Stufenriemscheibe ermöglicht bei 136 Schlittentouren eine Senkung des leerlaufenden Gatters von 1, 1,5, 2 und 3 mm in der Minute. Der Antrieb erfolgt durch einen Elektromotor von 2 PS mit 600 Umdrehungen p. M. Das Durchschneiden eines würfelförmigen Blockes von 28 cm Kantenlänge dauert, je nach Verwendung der einzelnen Riemscheiben für die verschiedenen Härtegrade der Gesteine, ca. $1\frac{1}{2}$, 2, 3 und 4 Stunden.

2. Rückwirkende oder Druckfestigkeit.

112. Die Druckfestigkeitsprüfung wird an würfelförmigen Probekörpern von 6 cm Kantenlänge ausgeführt¹⁾. Bei sehr harten Gesteinen begnügt man sich, wenn keine große Prüfungsmaschine zur Verfügung steht, wohl mit 4 cm Kantenlänge; bei weichen Gesteinen erhöht man dieselbe auf 10 cm. Um die an den Gesteinen auftretenden Struktur-differenzen zu berücksichtigen, gelangen zwei Versuchsreihen zu je 10 Probekörpern zur Ausführung, bei welchen der Druck senkrecht bzw. parallel zur Lagerfläche des Gesteins ausgeübt wird.

Die Probekörper müssen so in die Maschine eingespannt werden, daß die Druckkraft sich möglichst gleichmäßig über den Querschnitt verteilt. Demgemäß wird die eine der beiden Druckplatten durch ein Kugellager beweglich gemacht.

113. Als Druckfestigkeit bezeichnet man die Kraft, welche erforderlich ist, um den Widerstand des gedrückten Körpers zu überwinden, diesen also zu zertrümmern.

Da die Druckfestigkeit K für würfelförmige Probekörper dem Querschnitt f derselben proportional ist, so lautet die Formel

$$K = \frac{P_{\max}}{f}.$$

Es vermindert sich aber die Druckfestigkeit mit zunehmender Höhe des Versuchskörpers, und Bauschinger hat auf Grund praktischer Versuche hierfür die Formel aufgestellt:

¹⁾ Die in den Prüfungsnormen des Internationalen Verbandes für die Materialprüfung der Technik aufgestellte Forderung, daß die Druckflächen glatt gehobelt oder geschliffen sein sollen, erübrigt sich bei den mittels der Diamantschneidemaschine hergestellten Probekörpern.

$$K = \left(\alpha + \beta \frac{\sqrt{f}}{h} \right) \frac{\sqrt{f}}{\frac{u}{4}}$$

gültig für Prismen, bei denen $h \leq 5a$ ist, wobei $a = \sqrt{f}$.

In dieser Formel bedeutet:

K die Bruchbelastung in kg/qcm;

α und β Konstanten, welche von der Art des Materials abhängen;

f den Querschnitt des Prismas in qcm;

h die Höhe des Prismas in qcm;

u den Umfang des Querschnitts in cm.

114. Über die Art und Weise, wie die Druckkräfte die Zertrümmerung des würfelförmigen Probekörpers bewirken, sind zwei Ansichten geltend gemacht worden.

Nach der älteren, welche von Coulomb herrührt, nimmt man an, daß das Zerdrücken durch Abschieben erfolgt, indem man sich die Druckkräfte in zwei Komponenten zerlegt denkt, von denen die eine senkrecht, die andere parallel zu einer gegen die Druckfläche geneigten Ebene gerichtet ist. Das Abschieben wird die kleinste Kraft P erfordern, wenn jene Ebene einen Winkel von 45° mit den Druckflächen bildet.

In der Tat treten beim Zerdrücken gleichmäßig struierter Gesteine inmitten des zertrümmerten Probewürfels meistens zwei pyramidenförmig gestaltete Bruchstücke auf (Fig. 39), deren Grundflächen Teile der Druckflächen sind. Die Neigung der Seiten dieser Pyramiden zu den Grundflächen weicht aber, je nach der Beschaffenheit des Materials, mehr oder weniger und z. T. sehr beträchtlich von dem theoretischen Wert von 45° ab.

Diese Abweichung ist darauf zurückzuführen, daß die Schubkraft mit der zu überwindenden Reibung wachsen muß, daher die Abscherungsebene sich in demselben Maße der zur Druckfläche senkrechten Richtung nähern muß.

Bauschinger glaubt aus zahlreichen Versuchen schließen zu dürfen, daß die Seitenflächen des pyramidenförmigen Abscherungskörpers um so steiler zu den Druckflächen stehen, je grobkörniger das Material ist, d. h. also, je ungleichförmiger dasselbe struiert ist.

115. Nach der neueren Anschauung soll es im wesentlichen die Querdehnung sein, durch welche eine Zertrümmerung des Probewürfels dann eintritt, wenn diese Dehnung so groß wird, wie die Längsdehnung beim Zerreißen des Körpers.

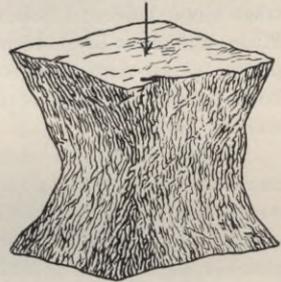


Fig. 39.

Als Beweis für die Richtigkeit dieser Erklärung wird es betrachtet, daß sich an den Seitenflächen des gedrückten Probekörpers Schalen ablösen, welche in ihrer Mitte etwas dicker als an ihren Rändern sind, während im Innern die oben erwähnten pyramidalen Bruchstücke sich bilden. Die Masse zwischen diesen und den Seitenschalen pflegt mannigfach zerstückelt zu sein (Fig. 40).

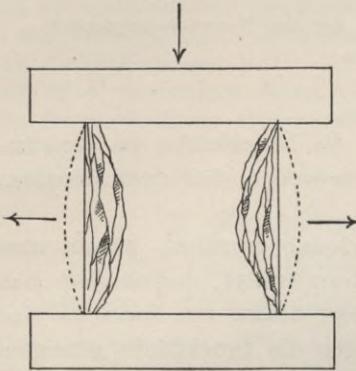


Fig. 40.

116. Die aus diesen beiden Anschauungen abgeleiteten Beziehungen zwischen der Druck-, Scher- und Zugfestigkeit haben jedoch durch die ausgeführten praktischen Versuche keine Bestätigung erfahren, so daß es zurzeit noch an einer befriedigenden Theorie der Druckfestigkeitsprüfung fehlt.

117. Zur Ausführung der betreffenden Prüfungen verwendet man hydraulische Pressen, in deren Zylinder von einer kleinen Druckpumpe Öl eingetrieben wird. Fig. 41 zeigt eine solche Maschine von 60 t.

Der ohne Manschettendichtung reibungslos im Zylinder spielende Kolben trägt einen längeren Balken (zur Ausführung von Biegungsversuchen), in dessen Mitte, auf einer Kugelfläche drehbar, die untere Preßplatte liegt. Die obere Preßplatte ist an dem Querhaupt befestigt, das mittels Schneckengetriebes an den beiden Schraubenspindeln, entsprechend der Höhe des Probekörpers, verstellt werden kann.

Zum Messen der ausgeübten Kraft dient ein Pendelmanometer, an welchem auch die kleine Druckpumpe angebracht ist, die durch eine Kurbel angetrieben wird. Das Pendelmanometer ist für Druckstufen von 60 t, 30 t, 12 t und 6 t eingerichtet, so daß man Probestücke von verschiedenem Widerstand mit annähernd gleicher Genauigkeit prüfen kann. Ein Schreibapparat zur Aufzeichnung von Kraft und Formveränderung vervollständigt die Maschine.

Auf demselben Prinzip beruhen die meisten der sonst gebräuchlichen Druckpressen¹⁾.

3. Relative oder Biegefestigkeit.

118. Die Biegefestigkeitsbestimmungen werden an rechtwinkligen Gesteinsstäben von etwa 28 cm Länge und 4×5 cm Querschnitt ausgeführt. Dieselben sind mit der breiten Seite auf zwei Prismenkanten,

¹⁾ Bewährte Gesteinsprüfungsmaschinen liefern: J. Amsler-Laffon u. Sohn in Schaffhausen; Mohr & Federhaff in Mannheim; Carl Schenck in Darmstadt u. a.

welche 23 cm Abstand haben, gelagert und werden durch den Druck einer auf die Mitte der Spannweite wirkenden Prismenkante zerbrochen.

Um bei weicheren Gesteinen ein Eindringen der Lager- und Druckkanten zu verringern, werden dieselben stark abgerundet.

Die Stäbe sind in zweierlei Weise, nämlich parallel und rechtwinklig zum Lager zu schneiden; für jede Versuchsreihe werden 10 Proben verwendet.

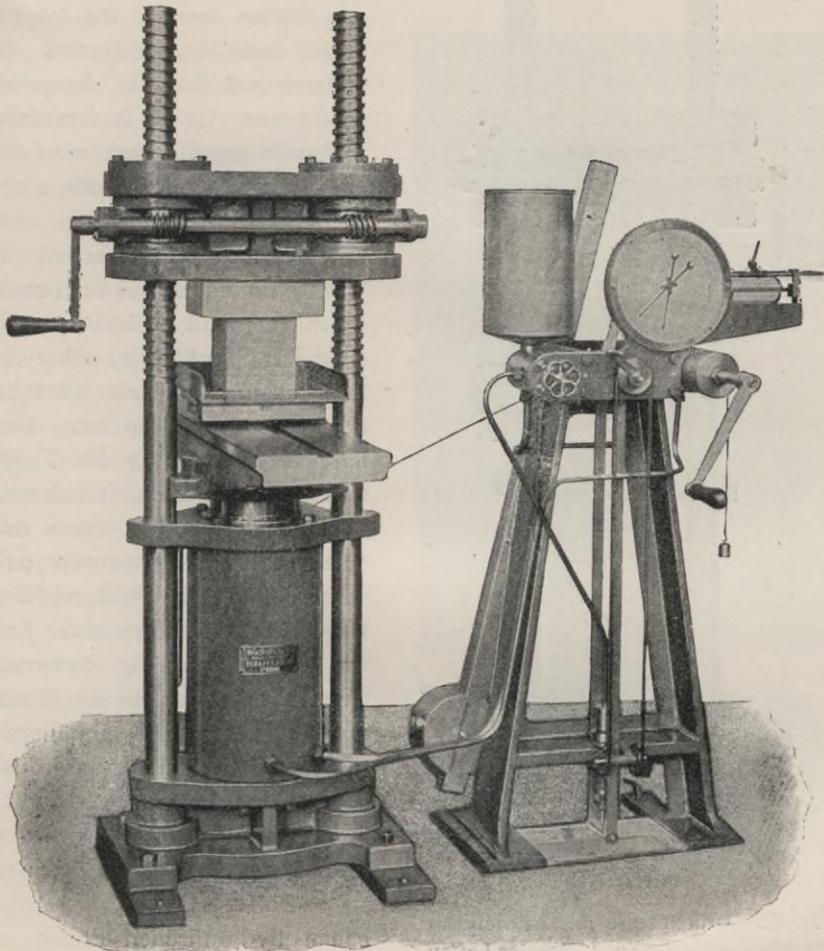


Fig. 41. 60 t-Druckpresse von J. Amsler-Laffon u. Sohn in Schaffhausen

Bezeichnet P die zum Zerbrechen des Stabes erforderliche Kraft, l die Entfernung der Stützen, also die Spannweite, b die Breite und h die Höhe des rechtwinkligen Querschnitts, so ist die Bruchfestigkeit

$$K_b = \frac{3}{2} \frac{P l}{b h^2}.$$

Diese Formel erweist sich in praxi jedoch nicht vollkommen zutreffend, vielmehr ergibt sie kleinere Werte für K_b bei größeren Dimensionen der Probestäbe. Letztere müssen daher stets in gleichen Abmessungen zur Verwendung gelangen, wenn die Resultate vergleichbar sein sollen.

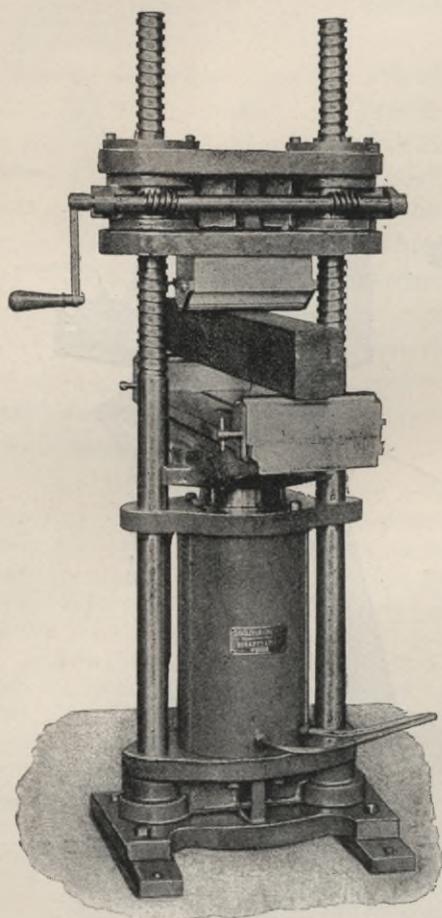


Fig. 42. Druckpresse mit Einrichtung für Biegeproben von J. Amsler-Laffon u. Sohn in Schaffhausen

119. Bei der Durchbiegung des Stabes werden die oberen Lagen desselben auf Druck, die unteren auf Zug in Anspruch genommen. Da die Widerstandsfähigkeit gegen Druck aber um ein Vielfaches größer als gegen Zug ist, so liegt die sog. neutrale Grenzschicht zwischen beiden Spannungen nahe der Druckoberfläche, und es findet bereits eine Zerreißung statt, bevor die Druckspannung einen beträchtlichen Grad erreicht hat. Deshalb erscheint auch die Trennungsfläche einheitlich und eben ausgebildet, ohne daß daneben zerstückeltes oder pulveriges Material auftritt, wie dies bei den Druckversuchen der Fall ist. Bei gleichmäßig struirierten Gesteinen erscheint die Trennungsfläche stets annähernd rechtwinklig zur Längsachse des Stabes.

120. Behufs Ausführung der Biegeproben bedient man sich der in Abs. 117 beschriebenen hydraulischen Presse, s. Fig. 42. Die untere Preßplatte wird entfernt, und es werden

auf dem Biegebalken die beiden Lagerschneiden in Entfernung von 23 cm festgeklemt. Die Mittelschneide befestigt man an der oberen Preßplatte. Die Meßvorrichtung bleibt die gleiche wie in Fig. 41.

4. Schub- oder Scherfestigkeit.

121. Die Schubfestigkeit oder der Widerstand gegen Abscherung hat den Kräften entgegen zu wirken, welche die gegenseitige Verschiebung der Teile eines Körpers zu bewirken streben. Scherwirkungen kommen streng genommen niemals selbständig vor, sondern sind stets auch von Biegungsspannungen begleitet. Um die letzteren bei Ausführung der bez. Prüfung auf ein Minimum zu reduzieren, ist es notwendig, daß die den Schub bewirkende Schneide nicht zu breit ist und mit den Enden der den Probekörper einspannenden Scherbacken nahezu in einer Ebene liegt.

Demgemäß erhält der Apparat, der an jeder Druckpresse anzubringen ist, die Einrichtung, wie sie aus Fig. 43 ersichtlich ist. Zu empfehlen ist eine Stärke der Schneide von 2 mm; um aber ein Eindringen derselben, namentlich bei weicheren Gesteinen, zu verhüten, wird man die Höhe des Probekörpers nicht über 3 cm, seine Breite nicht über

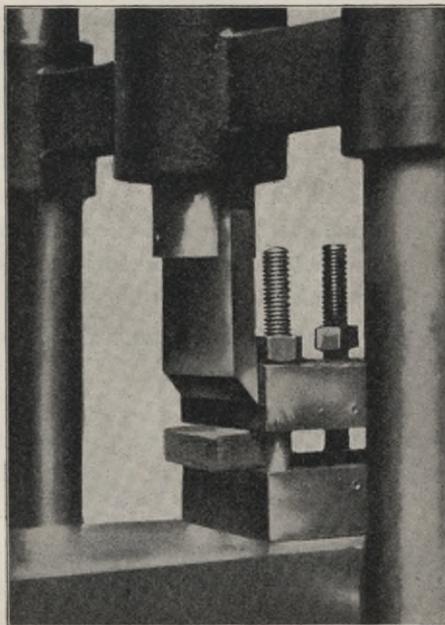


Fig. 43.

5 cm wählen dürfen. Bei diesen Abmessungen findet stets ein glattes Abscheren ohne wahrnehmbares Eindringen der Schneide statt.

122. Bedeutet S die Kraft, welche erforderlich ist, um einen Stab von dem Querschnitt f abzuscheren, so ist die Schubfestigkeit

$$K_s = \frac{S_{\max}}{f}.$$

Nach Bauschinger erhält man bei den praktischen Versuchen jedoch verschiedene Resultate, je nachdem die Scherschneide auf die breitere oder schmalere Fläche des rechtwinkligen Querschnitts drückt, und zwar sind die erhaltenen Werte in dem ersteren Falle am größten.

Es empfiehlt sich, diese Anordnung (d. h. Scherkante parallel der breiteren Seite des Probekörpers) als Norm einzuführen.

Die Schubfestigkeit wird an je 10 Probekörpern rechtwinklig und parallel zur Lagerfläche des Gesteins bestimmt.

5. Absolute oder Zugfestigkeit.

123. Die Zugfestigkeit, d. h. der Widerstand, den ein Körper seiner Zerreißung entgegengesetzt, ist proportional der Größe des Querschnitts und unabhängig von der Länge des Körpers. Während der Beanspruchung wird sich der Querschnitt des Körpers aber, je nach seiner Elastizität, mehr oder weniger verringern, und da überdies auch noch in der Mitte der Spannweite eine Einschnürung auftritt, so wird die endliche Zerreißung an einem kleineren als dem ursprünglichen Querschnitt stattfinden. Bei Gesteinen ist jedoch die Dehnbarkeit und demnach auch die Zusammenziehung des Probestabes so gering, daß sie füglich vernachlässigt werden darf.

Die Zugfestigkeitsformel ist daher:

$$K_z = \frac{P_{\max}}{f},$$

worin P_{\max} die zur Zerreißung erforderliche Kraft und f den Querschnitt des Probekörpers bedeutet.

124. Da die Zugfestigkeitsprüfung einen unmittelbaren Ausdruck der Kohärenz liefert und daher für die Beurteilung des Gesteinsgefüges von hervorragender Bedeutung ist, so soll diese Methode der Festigkeitsprüfung eingehender erörtert werden. Eine besondere Erwägung bedarf zunächst die zu whlende Form der Probekörper. Die bekannte 8-Form, wie sie für die Zugfestigkeitsprüfung von Zementen gebräuchlich ist, kann für natürliche Gesteine nicht zur Anwendung kommen, weil die Herstellung derartiger Probekörper mittels des Spitzhammers ohne namhafte Gefügeänderung des Materials nicht zu ermöglichen ist.

Die statt dessen eingeführte prismatische Form gestattet dagegen eine bequeme Herstellung der Probekörper mit dem Diamantschneidgatter. Das rechtwinklige Prisma (s. Fig. 44) hat eine Länge von 125 mm und einen Querschnitt von 70×40 mm. In Entfernung von 40 mm von den Enden werden je zwei gegenüberliegende Nuten von 4 mm Tiefe zum Eingreifen der Zugklauen eingeschnitten, in der Mitte zwei gegenüberliegende Fugen von je 15 mm Tiefe, so daß sich eine

Zerreißungsfläche von $4 \times 4 = 16$ qcm ergibt. Ein Hauptfordernis ist es, daß die Verbindungslinien der gegenüberstehenden Nuten genau parallel zueinander sind, was bei Verwendung der gatterförmigen Schneidemaschine (s. Seite 59) unschwer zu erreichen ist.

Es empfiehlt sich, zunächst ein Gesteinsprisma von 125 mm Breite, 70 mm Höhe und etwa 280 mm Länge herzustellen, dasselbe mit den vorerwähnten Nuten zu versehen (Fig. 45) und nunmehr in Stücke von 40 mm Stärke zu zerschneiden.

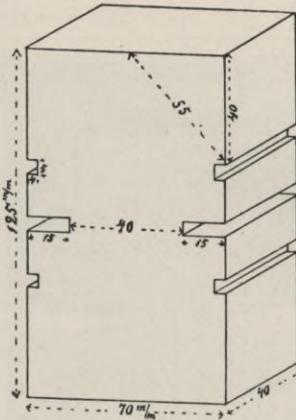


Fig. 44.

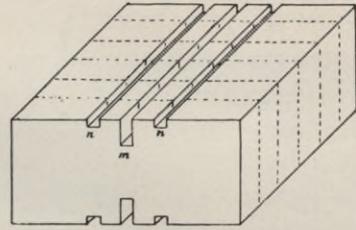


Fig. 45.

Das Einspannen der Probestücke geschieht mittels der in Fig. 46 dargestellten Vorrichtung. Die gußstählernen Winkelstücke, welche durch Scharnierbolzen in die vertikale Zugvorrichtung der Maschine eingefügt werden, haben auf beiden Seiten einschiebbare, gehärtete Stahlprismen *b*, welche in die Nuten des Probestückes eingreifen.

125. Da gegen die obige Form der Probekörper das Bedenken erhoben werden kann, daß neben der Zugwirkung auch Biegungsspannungen in Betracht kommen, so war es von Interesse, festzustellen, inwieweit diese Nebenwirkung das Resultat der Zugfestigkeitsprüfung zu beeinflussen vermag.

Um zunächst die auftretenden Spannungserscheinungen zur Anschauung zu bringen, wurde ein Gummikörper der betreffenden Form mit aufgezeichneter Quadrierung in die Prüfungsmaschine eingespannt (Fig. 47). Bei eintretender Zugwirkung erleiden die Horizontallinien über und unter den Einspannfugen, zu beiden Seiten eine symmetrische Biegung, die nach dem Kopf des Probestückes zu allmählich schwächer wird, während die Mittellinie in der Zerreißungsebene gerade bleibt. Da der Einfluß dieser Biegungsspannung auf die Zugfestigkeits-

bestimmung um so größer sein muß, je näher die Einspannpunkte der Zerreißungsfläche sind, so wurden Probekörper mit verschiedenem Abstand der Einspannfuge von der Zerreiungsfuge, und zwar in der Abmessung von 22, 11 und 5 mm, s. Fig. 47 a b c, der Prüfung unterworfen.

Als Material wurde ein Block weißen, feinkörnigen, pentelischen Marmors verwendet, von dem angenommen werden durfte, daß er ein hinreichend gleichmäßiges Gefüge besitzt.

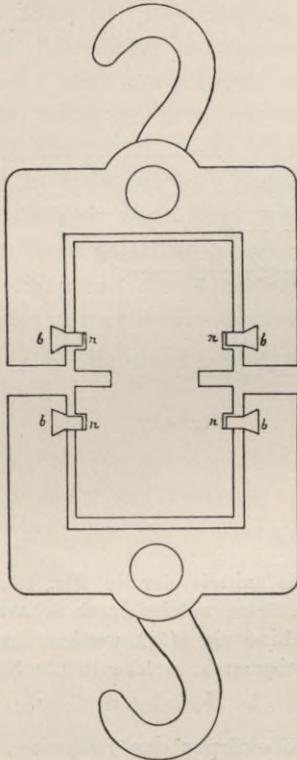


Fig. 46.

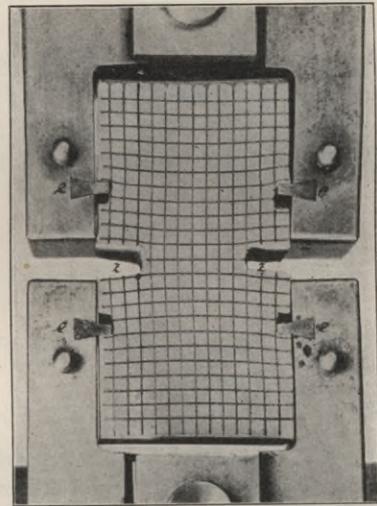


Fig. 47.

Die Ergebnisse dieser Prüfung sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt worden, wobei die Nummerbezeichnung der einzelnen Probekörper dem Schema in Fig. 36, S. 57 entspricht. Die Zugfestigkeit ist in kg pro qcm angegeben.

Probeform:

- A₁ u. A₂: Entfernung der Einspannfuge v. d. Zerreiungsfuge = 22 mm (s. Fig. 48 a)
 B: " " " " " = 11 mm (s. Fig. 48 b)
 C: " " " " " = 5 mm (s. Fig. 48 c)

| Nummer der Probe | Probeform A ₁ Zugfestigkeit | Nummer der Probe | Probeform B Zugfestigkeit | Nummer der Probe | Probeform C Zugfestigkeit | Nummer der Probe | Probeform A ₂ Zugfestigkeit |
|------------------|----------------------------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|----------------------------------------|
| 4 | 35,7 kg | 1 | 34,6 kg | 25 | 33,6 kg | 28 | 41,1 kg |
| 5 | 38,7 „ | 8 | [9,3 ¹⁾]„ | 32 | 34,2 „ | 29 | 36,2 „ |
| 12 | 36,3 „ | 9 | 35,3 „ | 33 | 35,3 „ | 36 | 46,5 „ |
| 13 | 37,2 „ | 16 | 38,6 „ | 40 | 37,9 „ | 37 | 37,4 „ |
| 20 | 34,9 „ | 17 | 38,7 „ | 41 | 34,6 „ | 44 | 35,3 „ |
| 21 | 33,8 „ | 24 | 37,5 „ | 48 | 33,3 „ | 45 | 40,1 „ |
| Mittel | 36,1 kg | | 36,9 kg | | 34,8 kg | | 39,4 kg |

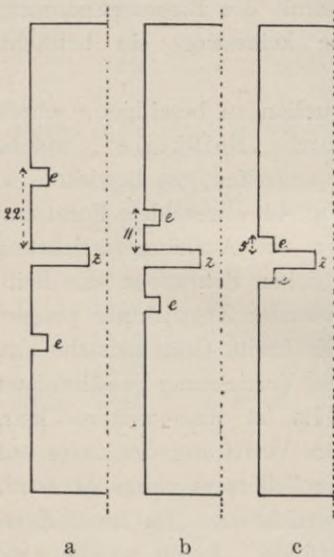


Fig. 48.

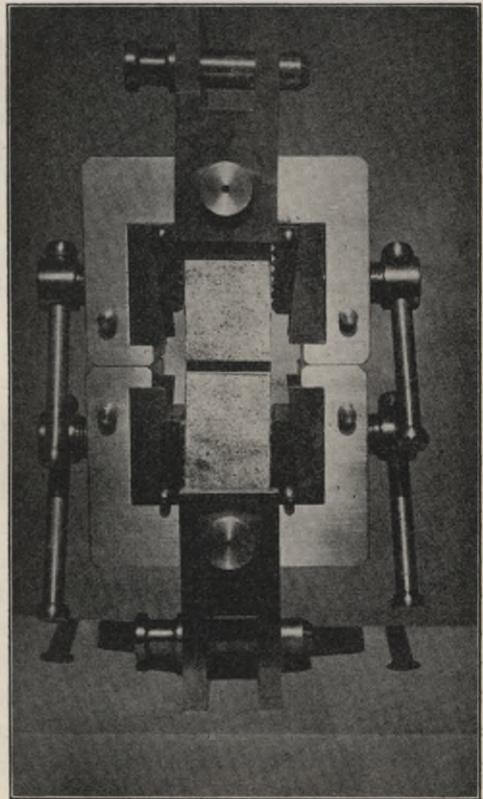


Fig. 48.

¹⁾ Kavernöse Ausbildung in der Zerreißungsfläche des Probekörpers Nr. 8.

Vergleicht man zunächst die Werte, welche an den Probereihen A_1 und A_2 (Einspannungsentfernung 2×22 mm) erhalten worden sind, so ergibt sich, daß die Festigkeit des Marmors in den diagonal gegenüberliegenden Kanten des Würfels sehr erheblich verschieden ist. Die Werte für A_1 schwanken zwischen 38,7 und 33,8 kg, die Werte für A_2 zwischen 46,5 und 35,3 kg.

Die Erwartung, daß das Material von gleichmäßiger Beschaffenheit sei, ist demnach durch die Prüfung nicht bestätigt worden.

Die Festigkeitswerte der Reihe B (Einspannungsentfernung 2×11 mm) schwanken zwischen 38,7 und 34,6 kg; diejenigen der Reihe C (Einspannungsentfernung 2×5 mm) zwischen 37,9 und 33,3 kg pro qcm. Zieht man lediglich die Versuchsreihen A_2 , B und C in Betracht, so gewinnt es den Anschein, daß der größere Einspannungsabstand, wenn auch nicht in den einzelnen Werten, so doch in dem Durchschnittsergebnis der 6 Bestimmungen, von einigem Einfluß auf das Prüfungsergebnis wäre. Nach den Ergebnissen der Versuchsreihe A_1 , hat aber auch die Annahme ihre Berechtigung, daß die bezüglichen Differenzen lediglich in der Ungleichmäßigkeit des Materials ihren Grund haben.

Wenngleich sich ein exaktes Resultat aus den vorstehenden Untersuchungen nicht ableiten läßt, so dürfte sich doch daraus ergeben, daß der Einfluß der Einspannungsentfernung und somit der Biegungsspannung auf das Resultat der Zugfestigkeitsprüfung keineswegs ein beträchtlicher ist.

126. Um aber auch geringere Fehlerquellen zu beseitigen, wurde der Versuch gemacht, die Einspannung durch „Beißkeile“, welche an der ganzen Breitseite der Prismenköpfe angreifen, zu bewirken, s. Fig. 48. Der Probekörper, welcher die in Fig. 44 abgebildete Form hat (jedoch ohne die Einspann-Nuten), wird in die Aufhängevorrichtung dadurch eingeklemmt, daß mittels der seitlichen Schrauben die Beißkeile scharf angedrückt werden. Bei eintretender Zugwirkung pressen sich die Zähne der Keile des weiteren in die breite Gesteinsfläche ein. Die Aufhängung der in Scharnieren drehbaren Vorrichtung gewährleistet eine axiale Einstellung des Probekörpers. Es ist ohne weiteres klar, daß bei dieser Anordnung eine gleichmäßigere Verteilung des Zuges auf den Querschnitt des mittleren Teiles des Probekörpers ausgeübt wird, als bei der vorher beschriebenen Einspannungsvorrichtung. Da im übrigen die Zerreißen bei einer Kraftwirkung stattfindet, durch welche eine nennenswerte Zusammenpressung des Gesteinsprismas zwischen den Keilstücken nicht bewirkt wird, so ist, zumal bei dem Abstand der eingespannten Teile von der Zerreißenfuge, ein namhafter Einfluß durch Druckspannung ausgeschlossen.

Zur Vergleichung der Resultate, welche mit dieser Einspannungsvorrichtung und der in Abs. 124 beschriebenen erhalten worden sind, mögen die folgenden Beispiele dienen:

| Zugfestigkeit in kg/qcm | | Zugfestigkeit in kg/qcm | |
|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Einspann- vorrichtung Fig. 48 | Einspann- vorrichtung Fig. 46 | Einspann- vorrichtung Fig. 48 | Einspann- vorrichtung Fig. 46 |
| Sandstein von Miltenberg | | Sandstein von Nürtingen | |
| 27,21 | 30,31 | 33,78 | 33,13 |
| 26,85 | 25,46 | 33,56 | 32,83 |
| 25,67 | 25,00 | 33,13 | 32,74 |
| 25,32 | 23,21 | 32,59 | 31,56 |
| 25,02 | 22,81 | 32,05 | 30,31 |
| 22,85 | 20,78 | 31,88 | 29,92 |
| Mittel: 25,49 | Mittel: 24,59 | Mittel: 32,83 | Mittel: 31,75 |
| Sandstein von der Heuscheuer | | Sandstein von Stadtoldendorf | |
| 22,29 | 23,12 | 44,05 | 42,41 |
| 22,29 | 23,10 | 41,35 | 40,39 |
| 21,84 | 21,60 | 40,74 | 39,94 |
| 21,65 | 21,31 | 38,75 | 38,88 |
| 21,60 | 20,99 | 36,56 | 36,16 |
| 21,60 | 18,59 | 36,08 | 34,84 |
| Mittel: 21,88 | Mittel: 21,45 | Mittel: 39,59 | Mittel: 38,77 |
| Sandstein von Pirna | | Sandstein von Osterwald | |
| 21,09 | 24,04 | 20,12 | 20,94 |
| 20,32 | 22,51 | 19,74 | 20,29 |
| 20,06 | 21,37 | 19,44 | 20,19 |
| 19,55 | 20,05 | 19,30 | 19,81 |
| 19,14 | 19,15 | 19,23 | 18,75 |
| 19,00 | 17,53 | 19,10 | 17,63 |
| Mittel: 19,86 | Mittel: 20,77 | Mittel: 19,49 | Mittel: 19,60 |

Die mit den in Rede stehenden beiden Einspannvorrichtungen gewonnenen Zahlenwerte zeigen eine genügende Übereinstimmung und bestätigen somit das aus den Versuchen Abs. 125 abgeleitete Resultat, daß eine erhebliche Einwirkung von Biegungsspannungen, bei Anwendung der Probeform Fig. 44, nicht auftritt.

Immerhin liefern die Versuche mit der Vorrichtung Fig. 48 im allgemeinen etwas gleichmäßigere Werte, und da überdies die Herstellung der betreffenden Probekörper, infolge des Fortfallens der Kopfnuten, eine einfachere ist als bei der Vorrichtung Fig. 46, so verdient die erstere den Vorzug.

Zu berücksichtigen ist jedoch, daß, namentlich bei härteren Gesteinen, die parallelen Breitseiten der Probekörper vollkommen eben sein müssen, damit die Beißklauen sich in die ganze Fläche eindrücken können. Anderenfalls wird die gleichmäßige Verteilung der Zugkraft auf den Querschnitt des Probekörpers beeinträchtigt, und demzufolge kann sich auch eine unregelmäßige Zerreißungsfläche ausbilden.

127. Es bleibt noch zu erörtern, inwieweit der rechtwinklige Einschnitt der Zerreißungsfuge eine Fehlerquelle in sich birgt. Bereits Kirkaldy hatte Zerreißungsversuche mit Rundeisenstäben ausgeführt, an denen der Querschnitt in der Mitte durch Eindrehen einer Nute verringert worden war, und es ergab sich bei solchen Stäben eine verhältnismäßig größere Zugfestigkeit als an Stäben von gleichmäßigem Querschnitt¹⁾.

Bach führt dieses Ergebnis darauf zurück, daß die sich bei eintretender Zugwirkung ausdehnenden Fasern des Eisens in dem kleineren Querschnitt zusammengepreßt werden und hierbei einen erhöhten Widerstand zu überwinden haben. Jede Erschwerung der Zusammenziehung senkrecht zur Stabachse verringert aber die Dehnung in Richtung der letzteren und erhöht somit die Zugfestigkeit.

Wenn aber die hierdurch bedingte Abweichung des Zugfestigkeitsergebnisses bei zähen Metallen ziemlich beträchtlich ist, so erweist sich dieselbe schon bei spröden Metallen, wie z. B. beim grauen Roheisen, als sehr gering, und sie darf füglich bei so spröden Materialien, wie sie die natürlichen Gesteine bilden, völlig vernachlässigt werden.

128. Zur Ausführung der Zugfestigkeitsprüfung bedarf es nur einer kleineren Maschine, und eine solche von 2000 kg Zugwirkung dürfte bei einem Querschnitt der Probekörper von 16 qcm, wie er hier vorgesehen ist, allen Anforderungen genügen.

Eine zweckentsprechende Konstruktion zeigt Fig. 49. Die untere Einspannvorrichtung ist am Maschinengestell angehängt, die obere an einem Rahmen, der mit einer Spitze auf dem Kolben steht, der reibungslos in dem oben sichtbaren Zylinder spielt. Durch eine Schraubenspindel kann man die obere Klaue nach Bedarf einstellen. Rechts in halber Höhe befindet sich die Druckpumpe. Sie saugt das Öl aus einem kleinen Behälter an und drückt es in den Zylinder.

Der ausgeübte Zug wird an einem Federmanometer mit Schleppzeiger abgelesen. Zur Kontrolle des Manometers dient ein wagerechter Hebel, den man an Stelle der oberen Einspannklau an den Rahmen hängt und sein Ende mit Gewichten belastet. Die Entfernung der Schneiden des Hebels ist so gewählt, daß die Ablesung am Manometer 10mal so groß sein soll, als das angehängte Kontrollgewicht.

¹⁾ Siehe Bach, Elastizität und Festigkeit, 3. Aufl., Berlin 1898, S. 111.

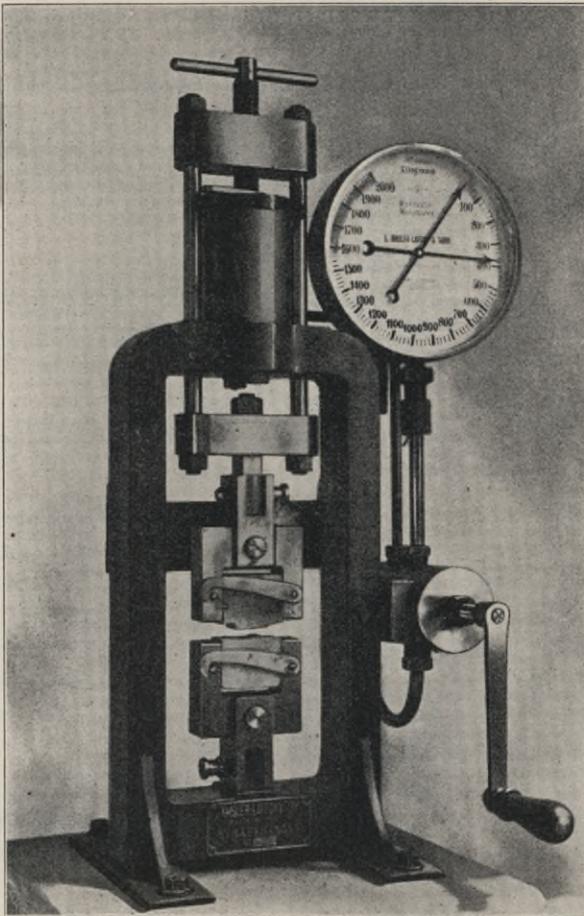


Fig. 49. Zugfestigkeitsmaschine von J. Amsler-Laffon u. Sohn
in Schaffhausen.

6. Beziehungen der verschiedenen Festigkeitswiderstände zueinander.

129. Obgleich man je nach der Art der mechanischen Beanspruchung, durch welche der Zusammenhang des Gefüges eines Körpers aufgehoben wird, den zu überwindenden Widerstand als Druck-, Zug-, Biegungs- oder Schubfestigkeit unterscheidet, so handelt es sich hierbei doch nicht um einheitliche mechanische Vorgänge, vielmehr müssen wir annehmen, daß bei jeder dieser Festigkeitsbeanspruchungen auch

alle übrigen, in mehr oder weniger erheblichem Maße, zur Geltung gelangen.

Bis zu welchem Grade dies der Fall ist, hängt in erster Linie von der Homogenität des Körpers ab, insbesondere von der Gleichartigkeit der Gefügebestandteile, der Struktur und der Porosität; dann aber auch von der sog. Tenazität, d. h. von der Qualität der Kohärenz, ob also der Körper spröde, geschmeidig oder elastisch ist.

Hiernach wird es erklärlich, daß

1. die theoretisch abgeleiteten Formeln für die einzelnen Festigkeitsmodalitäten mit den tatsächlichen Beobachtungsergebnissen an natürlichen Gesteinen nicht übereinstimmen, und demgemäß

2. allgemeine gesetzmäßige Beziehungen zwischen den Werten der Druck-, Zug-, Biegungs- und Schubfestigkeit sich auf theoretischem Wege nicht feststellen lassen.

130. Wie in anderen Fällen, in denen die exakten wissenschaftlichen Methoden versagen, Näherungswerte, welche aus einer großen Zahl von Versuchen gewonnen worden sind, eine namhafte praktische Bedeutung besitzen, so würden auch die erfahrungsmäßig festgestellten Verhältniszahlen zwischen den verschiedenen Festigkeitsmodalitäten der Gesteine, für die Vereinfachung des Prüfungsverfahrens, wie auch für die praktischen Zwecke des Bauingenieurs und Architekten von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein.

Die s. Z. von J. Bauschinger und A. Hanisch dieserhalb ausgeführten Versuche haben leider eine weitere Fortsetzung nicht erfahren.

Die Prüfungsanstalten beschränken sich gegenwärtig im wesentlichen auf die Bestimmung der Druckfestigkeit bzw. Abnutzungsfähigkeit bei härteren Gesteinen, und nur in vereinzelt Fällen werden Zugversuche vorgenommen.

131. Bis weitere Beobachtungen vorliegen, mögen die Versuche von Bauschinger und Hanisch zur Feststellung der Proportionalitätswerte für Druck-, Zug-, Biegungs- und Schubfestigkeit dienen.

Vergleichbar hinsichtlich ihrer verschiedenen Festigkeitswerte sind nur Gesteine von gleichartiger Zusammensetzung und Struktur, und unter diesen wiederum solche, welche annähernd die gleiche Gefügefestigkeit besitzen, zu deren Beurteilung man, nach Maßgabe des vorhandenen Materials, am zweckmäßigsten die Druckfestigkeitswerte verwendet.

Nach diesen Gesichtspunkten ist die folgende Zusammenstellung geordnet worden.

A. Ergebnisse der von Bauschinger ausgeführten Untersuchungen.

(Mitteilungen aus dem mech.-techn. Laboratorium der Technischen Hochschule in München, Heft 4 (1874), 10 (1884) und 18 (1889).

132. Granit ¹⁾

| Fundort | Druck- | Schub- | Biegungs- | Zug- |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| | festigkeit ⊥ z. L. | festigkeit ⊥ z. L. | festigkeit ⊥ z. L. | festigkeit z. L. |
| Mauthhausen a. d. Donau (A) ²⁾ | 1855 | 141 | 229 | — |
| Neuhaus a. d. Donau (A) | 1850 | 119 | 214 | — |
| Mauthhausen a. d. Donau (B) | 1793 | 130 | 215 | — |
| Neuhaus a. d. Donau (B) | 1705 | 104 | 210 | — |
| Nabburg | 1660 | 122 | — | — |
| Neuhaus a. d. Donau (C) | 1648 | 134 | 190 | — |
| Mauthhausen a. d. Donau (C) | 1640 | 67 | 154 | — |
| Cham (A) | 1480 | — | 140 | — |
| Mauthhausen a. d. Donau (D) | 1430 | 63 | 152 | — |
| Kirchenlamitz | 1420 | 76 | — | — |
| Nabburg | 1390 | — | 216 | — |
| Kirchenlamitz | 1380 | 82 | 145 | — |
| Kittlmühle bei Passau | 1350 | 102 | 84 | 48 |
| Metten (A) | 1350 | 97 | 96 | 43,5 |
| St. Gotthard-Tunnel (Gneisgranit) | 1100 | 139 | 195 | 38 |
| Cham (Roßberg) (B) | 1080 | 76 | 95 | 14 |
| Wunsiedel | 1070 | 67 | — | — |
| Kirchenlamitz, Oberfranken | 1058 | 32 | — | — |
| Hauzenberg, Niederbayern | 1020 | 127 | 210 | 44,5 |
| Gefrees, Oberfranken | 1010 | 36 | 76 | — |
| Hauzenberg, Niederbayern (A) | 950 | 40 | — | — |
| Cham (Findling) (C) | 935 | 67 | — | — |
| Fürstenstein bei Passau | 925 | 82 | 92 | 22 |
| Hauzenberg, Niederbayern (B) | 900 | 85 | — | — |
| Cham (D) | 876 | 45 | — | — |
| Selb, Oberfranken | 795 | 37 | — | — |
| St. Gotthard-Tunnel | 790 | 48 | 132 | 27 |
| Metten (B) | 772 | 40 | — | 6,4 |

133. Sandstein

| | | | | |
|---------------------------------------------|------|-----|----|----|
| Steineberg bei Kempten (Molasse) | 2030 | 70 | 68 | 36 |
| Grüntten bei Immenstadt (Molasse) | 1470 | 150 | — | — |
| Saaletal, Unterfranken | 1355 | 100 | — | — |

¹⁾ Sämtliche Zahlenwerte sind in kg/qcm angegeben.²⁾ Die mit A, B usw. bezeichneten Proben stammen entweder aus verschiedenen Lagen desselben Bruches, oder aus verschiedenen Brüchen desselben Fundortes.

| Fundort | Druck- | Schub- | Biegungs- | Zug- |
|---------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | festigkeit | festigkeit | festigkeit | festigkeit |
| | ⊥ z. L. | ⊥ z. L. | ⊥ z. L. | z. L. |
| Karlsruhe, Baden | 1035 | 81 | 178 | — |
| Oberkammelohe bei Schäftlach (Molasse) | 953 | 44 | 76 | — |
| Steineberg bei Kempten (Molasse) | 950 | 47 | 42 | 23 |
| Murnau, Oberbayern (Molasse) . . | 905 | 106 | — | — |
| Durlach bei Karlsruhe | 840 | 62 | 115 | — |
| Bettingen bei Wertheim | 800 | 67 | 115 | 16 |
| Heigenbrücken | 733 | 40 | 53 | 16 |
| Schweiz (Molasse) | 690 | — | 87 | — |
| Murgtal, Baden | 688 | 41 | 87 | 18 |
| Anweiler in der Pfalz | 650 | 26 | 54 | — |
| Weigolshausen bei Würzburg . . | 635 | 58 | 50 | 34 |
| Dornhan bei Sulz | 633 | 75 | — | — |
| Reistenhausen a. M. | 610 | 23 | 51 | 14 |
| Schweiz | 603 | 45 | — | — |
| Alsenztal, Rheinpfalz | 600 | 32 | 71 | 17 |
| Rorschach | 570 | 37 | 51 | — |
| Heigenbrücken | 540 | 31 | 48 | 12 |
| Hochstätten (Kohlensandstein) . . | 535 | 42 | 29 | 12 |
| Hall in Württemberg | 529 | 46 | 75 | 27 |
| Landstuhl in der Pfalz | 522 | 40 | 33 | 7,5 |
| Sachsen | 518 | 37 | 61 | — |
| Allgäu (Molasse) | 510 | 43 | 24 | — |
| Hochstätten | 505 | 40 | 33 | 18 |
| Alsenztal, Rheinpfalz | 487 | 28 | 63 | — |
| Dürkheim, Rheinpfalz | 485 | 68 | 76 | 17 |
| Sachsen | 476 | 32 | 46 | — |
| Zabern, Elsaß | 475 | 28 | 30 | 9,5 |
| Kaiserslautern | 465 | 16 | 37 | — |
| Alsenztal, Rheinpfalz | 465 | 45 | 97 | 26 |
| Kaiserslautern | 463 | 25 | 47 | — |
| Alsenztal, Rheinpfalz | 450 | 39 | 56 | — |
| Höchberg bei Würzburg (Kohlensandstein) | 450 | 31 | 17,5 | 13 |
| Dürkheim, Rheinpfalz | 446 | 29 | 41 | 12 |
| Flonheim, Hessen | 445 | 35 | 84 | 30 |
| Mittelbronn, Lothringen | 438 | 36 | 53 | 18 |
| Bayern | 433 | 30 | 45 | 14 |
| Kronach | 433 | 32 | 24 | 9 |
| Anweiler in der Pfalz | 420 | 27,5 | 31,5 | — |
| Ebelsbach bei Bamberg | 419 | 41 | — | 14 |
| Abbach bei Kehlheim | 350 | 29,5 | 75 | 15,8 |
| Kaiserslautern | 341 | 30 | 45 | — |
| Kronach | 340 | 21 | — | — |

| Fundort | Druck- | Schub- | Biegungs- | Zug- |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| | festigkeit ⊥ z. L. | festigkeit ⊥ z. L. | festigkeit ⊥ z. L. | festigkeit z. L. |
| Ihrlerstein bei Kehlheim | 331 | 24 | 11 | 6,6 |
| Waldhausen, Württemberg | 330 | 16 | 25 | — |
| Kronach | 325 | 22 | — | — |
| Trebgast bei Bayreuth | 320 | 26 | — | — |
| Coburg | 316 | 16 | 30 | 4,2 |
| Kapfelberg bei Kehlheim | 310 | 32 | 50 | 12,5 |
| Postelwitz, Sachsen | 305 | 30 | 30 | — |
| Welschhufe, Sachsen | 300 | 17,5 | 43 | — |
| Trebgast bei Bayreuth | 263 | 21 | — | — |
| Creussen | 251 | 24 | 47 | — |
| Lichtenau | 240 | 26 | 17,5 | 6,9 |
| Babenberg bei Bamberg | 217 | 24 | — | — |
| Fürth | 214 | 17 | 9,5 | 4,7 |
| Mariahilf bei Amberg | 200 | 12,3 | — | — |
| Neuricht bei Amberg | 180 | 15,4 | — | — |
| Coburg | 159 | 8,6 | 13,2 | — |
| Babenberg bei Bamberg | 151 | 15 | — | — |
| 134. | Kalkstein | | | |
| Kreuzberg bei Kronach | 1600 | 59 | — | — |
| Rosenheim | 1380 | 120 | — | 69 |
| Rohrdorf bei Rosenheim | 1360 | 104 | 162 | 64 |
| Neubeuern bei Rosenheim | 1260 | 96 | — | — |
| Hohen Saas bei Hof | 1140 | 61 | 81 | 66 |
| Untersberg | 906 | 79 | — | — |
| Randersacker | 572 | 39 | 66 | 41 |
| Münnerstadt bei Kissingen | 571 | 64 | — | — |
| Kehlheim (bessere Qualität) | 537 | 32 | 88 | — |
| Neuburg a. D. | 510 | 32 | — | 18 |
| Ihrlerstein bei Kehlheim | 502 | 35 | 32,5 | 15 |
| Randersacker | 440 | 58 | 69 | 27 |
| Marktbreit | 392 | 34 | 53 | 35 |
| Neuburg a. D. | 355 | 32 | — | — |
| Kehlheim (schlechtere Qualität) . . | 250 | 25 | 66 | — |
| 135. | Dolomit | | | |
| Pappenheim | 1300 | 70 | 180 | 28 |
| Lohstadt bei Kehlheim | 1050 | 60 | 100 | 34 |
| Parsberg, Bayern | 910 | 78 | — | 49 |
| Fischbrunn bei Hersbruck | 835 | 96 | 100 | 12 |
| Pruppbach, Mittelfranken | 790 | 75 | 74 | 16 |
| Artelshofen bei Hersbruck | 735 | 90 | 74 | 16 |
| Rehberg, Mittelfranken | 595 | 57 | 83 | 11 |
| Steinberg b. Königstein(Mittelfrank.) | 535 | 50 | 80 | 10 |
| Parsberg, Bayern | 390 | 63 | — | 18 |

136. Werden die in der vorstehenden Tabelle enthaltenen Beobachtungsergebnisse nach der Druckfestigkeit in Gruppen eingeteilt, so ergeben sich folgende Grenz- und Mittelwerte für die verschiedenen Festigkeitsmodalitäten.

| Druckfestigkeit | Zugfestigkeit | | | Schubfestigkeit | | | Biegezugfestigkeit | | |
|--------------------------------------------|---------------|------|--------|-----------------|------|--------|--------------------|------|--------|
| Anmerkung: Sämtliche Werte in kg/qcm | Max. | Min. | Mittel | Max. | Min. | Mittel | Max. | Min. | Mittel |

Granit

| | | | | | | | | | |
|---------------|------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 1855 bis 1793 | — | — | — | 146 | 119 | 135 | 240 | 208 | 223 |
| 1705 „ 1640 | — | — | — | 134 | 67 | 108 | 210 | 154 | 185 |
| 1480 „ 1350 | 48,0 | 43,5 | 45,8 | 102 | 63 | 84 | 216 | 84 | 139 |
| 1100 „ 1010 | 44,5 | 14,0 | 32,2 | 139 | 32 | 79,5 | 210 | 76 | 144 |
| 950 „ 772 | 27,0 | 6,4 | 18,5 | 85 | 37 | 57 | 132 | 92 | 62 |

Sandstein

| | | | | | | | | | |
|---------------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1470 bis 1355 | — | — | — | 150 | 100 | 125 | — | — | — |
| 1035 „ 800 | 23 | 16 | 19,5 | 106 | 44 | 68 | 178 | 42 | 105 |
| 733 „ 610 | 34 | 14 | 21 | 75 | 23 | 44 | 87 | 50 | 64 |
| 603 „ 505 | 27 | 7,5 | 14 | 46 | 31 | 39 | 75 | 24 | 47 |
| 487 „ 419 | 30 | 9 | 16 | 68 | 16 | 34 | 97 | 24 | 50 |
| 351 „ 263 | 15,8 | 4,2 | 9,8 | 32 | 16 | 22 | 75 | 11 | 39 |
| 251 „ 151 | 6,9 | 4,7 | 5,8 | 26 | 8,6 | 18 | 47 | 9,5 | 22 |

Kalkstein

| | | | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|-----|----|----|-----|------|-----|
| 1600 bis 1140 | 69 | 64 | 66 | 120 | 59 | 88 | 162 | 81 | 122 |
| 906 „ 502 | 41 | 15 | 25 | 79 | 32 | 47 | 88 | 32,5 | 61 |
| 440 „ 250 | 35 | 27 | 31 | 58 | 25 | 38 | 69 | 53 | 63 |

Dolomit

| | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1300 bis 835 | 49 | 12 | 31 | 90 | 60 | 76 | 180 | 100 | 127 |
| 790 „ 390 | 18 | 10 | 15 | 90 | 50 | 67 | 83 | 74 | 62 |

B. Ergebnisse der von Hanisch ausgeführten Untersuchungen¹⁾.

| Fundort | Druck- | Schub- | Biegungs- | Zug- |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| | festigkeit ⊥ z. L. | festigkeit ⊥ z. L. | festigkeit ⊥ z. L. | festigkeit z. L. |
| 137. Porphy | | | | |
| Branzoll (Tirol) | 2326 | 159 | 220 | 70 |
| Waidbruck „ | 1344 | 81 | 161 | 51 |
| 138. Granit | | | | |
| Schwarzwasser (Österr.-Schlesien) | 2041 | 135 | 177 | 42 |
| Skuč | 2030 | 195 | 230 | 66 |
| Limberg (Nied.-Österreich) . . . | 1844 | 151 | 149 | 32 |
| Krumau (Böhmen) | 1620 | 113 | 145 | 35 |
| Roggersdorf (Nied.-Österreich) . . | 1522 | 145 | 242 | 81 |
| Nondorf „ | 1338 | 107 | 138 | 54 |
| Maffersdorf (Böhmen) | 1332 | 104 | 129 | 34 |
| Haugschlag (Nied.-Österreich) . . | 1268 | 98 | 101 | 25 |
| Baveno (Lago Maggiore) | 1232 | 93 | 114 | 42 |
| 139. Serpentin | | | | |
| Wiesen (Tirol) | 1500 | 338 | 782 | 56 |
| Einsiedl (Böhmen) | 1377 | 176 | 158 | 104 |
| 140. Trachyt | | | | |
| Spitzberg (Böhmen) | 1010 | 68 | 87 | 45 |
| 141. Sandstein | | | | |
| Wernsdorf (Mähren) | 1839 | 168 | 215 | 101 |
| Rogowitz (Österr.-Schlesien) . . . | 1553 | 136 | 142 | 41 |
| Skawčë (Galizien) | 1473 | 108 | 107 | 32 |
| Sucha „ | 1465 | 79 | 103 | 34 |
| Altlenzbach (Nied.-Österreich) . . | 1357 | 66 | 75 | 23 |
| Tullnerbach „ | 1354 | 75 | 70 | 21 |
| Parteznik (Österr.-Schlesien) . . . | 1299 | 85 | 79 | 27 |
| Waidhofen (Nied.-Österreich) . . . | 1267 | 90 | 117 | 43 |
| Rekawinkel „ | 1228 | 60 | 39 | 11 |
| Saybusch (Galizien) | 1179 | 59 | 68 | 17 |
| Rzeka (Österr.-Schlesien) | 1147 | 89 | 107 | 28 |
| Gablitz W. (Nied.-Österreich) . . . | 1146 | 75 | 62 | 23 |
| Gablitz Ch. „ | 1101 | 76 | 66 | 16 |
| Straconka (Galizien) | 1054 | 58 | 81 | 31 |
| Eichgraben (Nied.-Österreich) . . . | 1041 | 64 | 40 | 11 |

¹⁾ A. Hanisch, Bestimmung der Biegungs-, Zug-, Druck- und Schubfestigkeit an Bausteinen der österr.-ungar. Monarchie. Wien 1901.

| Fundort | Druck- | Schub- | Biegungs- | Zug- |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | festigkeit | festigkeit | festigkeit | festigkeit |
| | ⊥ z. L. | ⊥ z. L. | ⊥ z. L. | z. L. |
| Gablitz L. (Nied.-Österreich) . . | 1030 | 49 | 41 | 11 |
| Klosterneuburg „ . . | 857 | 58 | 46 | 23 |
| Preßbaum „ . . | 815 | 56 | 34 | 13 |
| St. Andrae „ . . | 744 | 50 | 44 | 10 |
| Roschtin (Mähren) | 740 | 38 | 44 | 11 |
| Střilek „ | 692 | 42 | 38 | 9 |
| Četechovic „ | 489 | 41 | 35 | 7 |
| Březovic (Böhmen) | 487 | 48 | 54 | 20 |
| Doubrava „ | 388 | 33 | 30 | 11 |
| M.-Trübau (Mähren) | 374 | 43 | 48 | 17 |
| Hoříč (Böhmen) | 308 | 31 | 36 | 15 |
| Vojíč „ | 291 | 23 | 32 | 12 |
| 142. Kalkstein | | | | |
| Untersberg bei Salzburg | 1915 | 117 | 160 | 103 |
| Nabresina (Cava Romana) . . . | 1620 | 112 | 170 | 86 |
| Adnet bei Hallein | 1547 | 93 | 82 | 54 |
| Repentabor | 1453 | 108 | 139 | 74 |
| Klein-Repen | 1445 | 76 | 131 | 80 |
| St. Stefano (Istrien) | 1417 | 99 | 210 | 72 |
| Wöllersdorf (Nied.-Österreich) . . | 1355 | 110 | 163 | 73 |
| Četechowitz (Mähren) | 1337 | 93 | 116 | 57 |
| Göll (Salzburg) | 1280 | 68 | 76 | 46 |
| Losignano bei Pola | 1230 | 86 | 136 | 66 |
| Ungarschitz (Mähren) | 1161 | 107 | 198 | 66 |
| Carrara (Varietät: blanc clair) . . | 1125 | 85 | 170 | 44 |
| Hundsheim (Nied.-Österreich) . . | 1053 | 122 | 147 | 73 |
| Mannersdorf „ . . | 1032 | 86 | 101 | 57 |
| Sommerein „ . . | 1004 | 84 | 129 | 62 |
| Laas (Tirol) | 994 | 62 | 190 | 63 |
| Primersdorf (Nied.-Österreich) . . | 985 | 79 | 172 | 65 |
| Kaisersteinbruch I (Ungarn) . . | 981 | 101 | 121 | 68 |
| „ II „ . . | 974 | 93 | 145 | 72 |
| Grisignana (Istrien) | 864 | 99 | 166 | 70 |
| Kocholz (Nied.-Österreich) . . . | 849 | 70 | 138 | 55 |
| Häusling „ | 847 | 70 | 118 | 30 |
| Lindebrunn „ | 846 | 56 | 67 | 39 |
| Ober-Lindewiese (Österr.-Schlesien) | 835 | 104 | 147 | 46 |
| Chrzanów (Galizien) | 826 | 92 | 110 | 56 |
| Oszlop (Ungarn) | 805 | 98 | 100 | 69 |
| Sterzing (Tirol) | 795 | 52 | 69 | 40 |
| Kaisersteinbruch III (Ungarn) . . | 699 | 75 | 94 | 72 |
| Groß-Czernosek (Böhmen) | 681 | 68 | 102 | 51 |

| Fundort | Druck- festigkeit | Schub- festigkeit | Biegungs- festigkeit | Zug- festigkeit |
|------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|
| | ⊥ z. L. | ⊥ z. L. | ⊥ z. L. | z. L. |
| Wöllersdorf (Nied.-Österreich) | 668 | 65 | 82 | 36 |
| Arco (Tirol) | 611 | 40 | 95 | 39 |
| Marzano (Istrien) | 604 | 47 | 70 | 36 |
| Pfons (Tirol) | 585 | 83 | 52 | 43 |
| Vincural bei Pola | 579 | 48 | 86 | 40 |
| Kaisersteinbruch IV (Ungarn) | 397 | 55 | 67 | 43 |
| Monostor (Siebenbürgen) | 390 | 45 | 73 | 30 |

143. Stellt man auch diese Ergebnisse nach der Druckfestigkeit in Gruppen zusammen, so erhält man innerhalb derselben folgende Grenz- und Mittelwerte der verschiedenen Festigkeitsmodalitäten:

| Druckfestigkeit kg pro qcm | Zugfestigkeit | | | Schubfestigkeit | | | Biegungsfestigkeit | | |
|-------------------------------|---------------|------|--------|-----------------|------|--------|--------------------|------|--------|
| | Max. | Min. | Mittel | Max. | Min. | Mittel | Max. | Min. | Mittel |
| Porphy | | | | | | | | | |
| 2326 bis 1344 | 70 | 51 | 60 | 159 | 81 | 120 | 220 | 161 | 190 |
| Granit | | | | | | | | | |
| 2041 bis 1522 | 81 | 32 | 51 | 195 | 113 | 148 | 230 | 145 | 189 |
| 1388 „ 1232 | 54 | 25 | 39 | 107 | 95 | 100 | 138 | 101 | 120 |
| Serpentin | | | | | | | | | |
| 1500 bis 1377 | 104 | 56 | 80 | 338 | 176 | 257 | 782 | 158 | 470 |
| Sandstein | | | | | | | | | |
| 1839 | 101 | — | — | 168 | — | — | 215 | — | — |
| 1553 bis 1465 | 41 | 32 | 36 | 136 | 79 | 108 | 142 | 103 | 117 |
| 1357 „ 1228 | 43 | 11 | 25 | 90 | 60 | 75 | 117 | 39 | 76 |
| 1179 „ 1030 | 31 | 11 | 19 | 89 | 49 | 67 | 107 | 41 | 66 |
| 857 „ 692 | 23 | 9 | 13 | 58 | 38 | 49 | 46 | 34 | 41 |
| 489 „ 291 | 20 | 7 | 13 | 48 | 23 | 36 | 54 | 30 | 39 |
| Kalkstein | | | | | | | | | |
| 1915 bis 1547 | 103 | 54 | 81 | 117 | 93 | 107 | 170 | 82 | 137 |
| 1453 „ 1337 | 80 | 57 | 71 | 110 | 76 | 97 | 210 | 160 | 152 |
| 1280 „ 1004 | 73 | 44 | 59 | 122 | 68 | 91 | 198 | 76 | 137 |
| 994 „ 805 | 72 | 30 | 57 | 104 | 56 | 84 | 190 | 67 | 125 |
| 795 „ 604 | 72 | 36 | 60 | 75 | 40 | 51 | 102 | 69 | 85 |
| 585 „ 390 | 43 | 30 | 39 | 83 | 45 | 57 | 86 | 52 | 69 |

144. Nach den vorstehenden Beobachtungen von Bauschinger und Hanisch schwanken die Verhältniszahlen der verschiedenen Festigkeitswerte zwischen folgenden Grenzen:

a) Verhältnis zwischen Zug- und Druckfestigkeit.

[Beobachtungen von Bauschinger (B), von Hanisch (H).]

| | | | | | | |
|---------------|----------|-----|-----------|-----------|----------|------------|
| Porphy (H) | 1 : 26,3 | und | 1 : 33,2, | im Mittel | 1 : 30 | |
| Granit (B) | 1 : 30,8 | „ | 1 : 41,7, | „ | 1 : 36,3 | } 1 : 35,4 |
| „ (H) | 1 : 25,2 | „ | 1 : 49,3, | „ | 1 : 34,4 | |
| Sandstein (B) | 1 : 32 | „ | 1 : 45,0, | „ | 1 : 38,5 | } 1 : 34,3 |
| „ (H) | 1 : 18,2 | „ | 1 : 41,6, | „ | 1 : 30 | |
| Kalkstein (B) | 1 : 9,3 | „ | 1 : 23,2, | „ | 1 : 16,3 | } 1 : 16,9 |
| „ (H) | 1 : 15,3 | „ | 1 : 22,4, | „ | 1 : 17,5 | |

b) Verhältnis zwischen Schub- und Druckfestigkeit.

| | | | | | | |
|---------------|----------|-----|-----------|-----------|----------|------------|
| Porphy (H) | 1 : 14,6 | und | 1 : 16,6, | im Mittel | 1 : 15,6 | |
| Granit (B) | 1 : 12,7 | „ | 1 : 20,8, | „ | 1 : 16,7 | } 1 : 14,3 |
| „ (H) | 1 : 10,4 | „ | 1 : 13,2, | „ | 1 : 11,8 | |
| Sandstein (B) | 1 : 9,8 | „ | 1 : 17,5, | „ | 1 : 13,6 | } 1 : 12,9 |
| „ (H) | 1 : 11,4 | „ | 1 : 12,7, | „ | 1 : 12,1 | |
| Kalkstein (B) | 1 : 10,0 | „ | 1 : 13,3, | „ | 1 : 11,6 | } 1 : 12,1 |
| „ (H) | 1 : 8,7 | „ | 1 : 16,4, | „ | 1 : 12,5 | |

c) Verhältnis zwischen Biegungs- und Druckfestigkeit.

| | | | | | | |
|---------------|---------|-----|-----------|-----------|----------|------------|
| Porphy (H) | 1 : 8,4 | und | 1 : 10,6, | im Mittel | 1 : 9,5 | |
| Granit (B) | 1 : 7,7 | „ | 1 : 8,4, | „ | 1 : 8,2 | } 1 : 14,4 |
| „ (H) | 1 : 8,8 | „ | 1 : 12,2, | „ | 1 : 10,5 | |
| Sandstein (B) | 1 : 5,8 | „ | 1 : 15,9, | „ | 1 : 10,8 | } 1 : 10,6 |
| „ (H) | 1 : 9,7 | „ | 1 : 10,9, | „ | 1 : 10,3 | |
| Kalkstein (B) | 1 : 4,7 | „ | 1 : 9,9, | „ | 1 : 7,3 | } 1 : 8,4 |
| „ (H) | 1 : 7,5 | „ | 1 : 11,3, | „ | 1 : 9,4 | |

145. Hiernach läßt sich aus den Druckfestigkeitswerten wenigstens ein ungefährer Anhalt für die Beurteilung der Zug-, Schub- und Biegungsfestigkeit gleichartiger Gesteine gewinnen, d. h. also solcher, welche, infolge gleicher Mineralzusammensetzung und Struktur, auch annähernd dieselbe Tenazität (Elastizität, Dehnbarkeit, Sprödigkeit usw.) besitzen. Es empfiehlt sich jedoch, für derartige Bestimmungen, an Stelle der vorstehenden Durchschnittswerte, die in den speziellen Tabellen angegebenen, den einzelnen Druckfestigkeits-Gruppen entsprechenden Ziffern zu verwenden.

Übrigens ist zu erwarten, daß bei umfangreicherem Beobachtungsmaterial und namentlich, wenn bei Ausführung der betreffenden Versuche die in Abs. 106, S. 54 und Abs. 109, S. 56 gegebenen Regeln befolgt werden, noch zuverlässigere und besser übereinstimmende Verhältniszißern zu gewinnen sein werden, zumal, wenn hierbei auch die übrigen Gesteinseigenschaften, wie namentlich die Porositätsgrade, mit berücksichtigt werden.

Eine solche genauere Bestimmung des Abhängigkeitsverhältnisses zwischen den verschiedenen Festigkeitsmodalitäten würde wesentlich zur Vereinfachung des Prüfungsverfahrens beitragen und überdies auch bei den Wetterbeständigkeits-Untersuchungen der Gesteine verwendbar sein, für welche namentlich die Ableitung der absoluten oder Zugfestigkeit aus der Druckfestigkeit von Bedeutung ist.

Demnach darf die Fortsetzung der vergleichenden Festigkeitsbestimmungen als eine wichtige und Erfolg versprechende Aufgabe der Gesteinsprüfung bezeichnet werden¹⁾.

Kapitel 7.

Prüfung der Härte und Abnutzbarkeit.

A. Härte.

146. Neben der Festigkeit ist die Härte als eine der technisch wichtigsten physikalischen Eigenschaften der Gesteine zu bezeichnen, durch welche namentlich ihre Bearbeitungsfähigkeit, sowie andererseits ihre Verwendbarkeit als Schotter- und Pflastermaterial bestimmt wird.

Obleich die Bezeichnung Härte für eine gewisse Kohärenzeigenschaft der Körper allgemein in Gebrauch ist, fehlt es doch bisher an einer völlig befriedigenden Definition dieses Begriffes. In der Mineralogie bezeichnet

¹⁾ Wenn derartig abgeleitete Festigkeitsdaten auch den experimentell bestimmten Ziffern nicht völlig gleichwertig sein können, so werden sie doch im allgemeinen dem praktischen Bedürfnis genügen, zumal man, in Rücksicht auf die ungleichmäßige Beschaffenheit der natürlichen Gesteine, mit einem bedeutenden Sicherheitskoeffizienten zu rechnen pflegt. So wird nach den Beschlüssen des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins für die zulässige Beanspruchung auf Druck eine mindestens 10fache Sicherheit bei Bauteilen, die keine Erschütterung erleiden, verlangt; bei solchen, welche geringen Erschütterungen ausgesetzt sind, eine 20fache und bei Konstruktionen, die stark erschüttert werden, eine 40fache Sicherheit.

man als Härte den Widerstand, den ein Körper dem Eindringen einer Spitze entgegensetzt, und man nennt einen Körper härter als einen andern, wenn man mit einer scharfen Ecke des ersteren den zweiten zu ritzen vermag.

147. Zur Härteprüfung in diesem Sinne verwendet man ein sog. Sklerometer, das auf dem Prinzip beruht, eine harte Spitze soweit mit Gewichten zu belasten, bis sie in die glatte Fläche des zu prüfenden Körpers eindringt und somit bei Fortbewegung des letzteren einen wahrnehmbaren Strich hinterläßt.

Solche Härteprüfungen können entweder nur an einfachen Gesteinen, d. h. solchen, welche lediglich aus einem Mineral bestehen, wie z. B. die Kalksteine, ausgeführt werden, oder sie dienen bei zusammengesetzten, grobkörnigen Felsarten zur Untersuchung einzelner Gemengteile.

Auch bei mikrogranulösen Gesteinen, wie bei Felsiten, Aphaniten, Melaphyren, gewissen Basalten und auch bei Dachschiefern kann man diese Methode zur Prüfung der weichsten Bestandteile verwenden. Man erhält alsdann bei der niedrigsten wirksamen Belastung der Spitze einen Strich, welcher selbst bei schwacher Vergrößerung kontinuierlich erscheint, in Wirklichkeit sich aber aus Strichelementen zusammensetzt, die durch Eindringen der Spitze in den Gemengteil von geringster Härte gebildet werden.

148. Bei der Konstruktion eines Sklerometers für den vorliegenden Zweck ist im Prinzip die Einrichtung des zuerst von A. Seebeck¹⁾ angegebenen, später von Franz²⁾ und von Grailich und Pekárek³⁾ verbesserten Instruments zugrunde gelegt worden, s. Fig. 50.

Auf einer 2 cm starken eisernen Grundplatte, deren Schwere eine Verschiebung des Instruments bei Ausführung der Messungen verhindern soll, befindet sich 1) der zur Aufnahme der Probekörper bestimmte Schlittenapparat s, n ; 2) der den Wagebalken b tragende, mittels Trieb hoch und niedrig zu stellende Ständer $W_1 W_2$ und 3) die zur Horizontalstellung des Instruments dienende Libelle l .

Der Schlitten s ist durch den Griff n in der Längsrichtung des Wagebalkens und durch den Griff m der Supportschraube o in der Richtung rechtwinklig hierzu verschiebbar⁴⁾.

¹⁾ A. Seebeck, Programm des Berliner Realgymnasiums 1833.

²⁾ R. Franz, Poggend. Annalen, Bd. LXXX, 37.

³⁾ Grailich und Pekárek, Sitzungsber. d. mathem.-naturwiss. Klasse d. kaiserl. Akademie d. Wissensch., Wien 1848, Bd. I, Abt. III, S. 410.

⁴⁾ Die Supportvorrichtung ist dem von Martens zur Härteprüfung von Metallen konstruierten Sklerometer entlehnt. (S. Mitteil. aus d. Kgl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1890.)

Auf dem Schlitten-
apparat *s* befindet sich
ein durch Stifte ge-
haltener Tisch *i*, auf
welchem die platten-
förmige Gesteinsprobe
D mittels der Klemme
k befestigt wird¹⁾.

An dem über dem
Schlitten befindlichen
Ende des Balkens ist
ein scharf ausgebilde-
ter, oktaëdrischer Dia-
mant-Kristall ein-
gelassen, und es be-
findet sich über dem-
selben eine kleine
Schale *r* zur Aufnah-
me der Belastungsge-
wichte. Der unbelas-
tete Wagebalken
wird durch das Kon-
tergewicht *t* balanziert.
Eine schwach exzen-
trische Scheibe kann
durch den Griff *h* auf
den Balken gedrückt
werden, wodurch eine
Arretierung desselben
und zugleich eine ge-
ringe Hebung der Dia-
mantspitze bewirkt
wird.

149. Ausführung
der Prüfung. Nach-
dem die zu prüfende,
gleichmäßig starke,

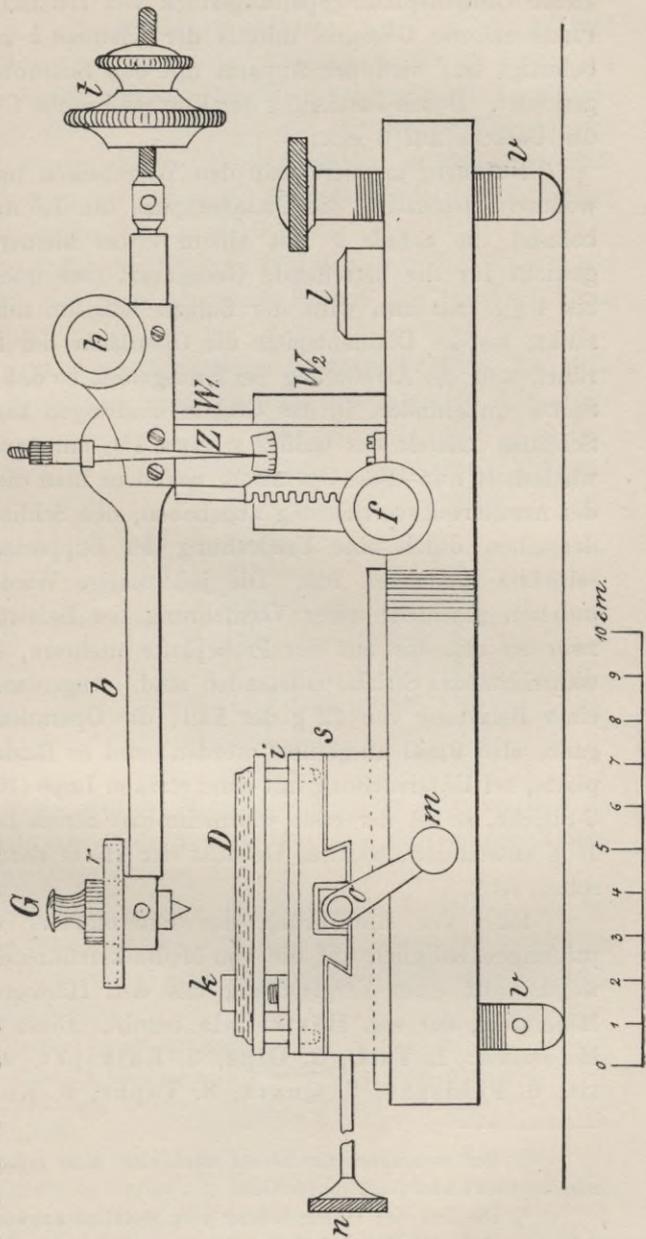


Fig. 50. Sklerometer.

¹⁾ Diese Befestigungsart ist bequemer als das sonst übliche Aufkitten der Probe; auch würde letzteres bei wassergetränkten Gesteinen schwer zu bewerkstelligen sein.

kleine Gesteinsplatte (Spaltungsstück von Dachschiefer oder geschliffene Platte anderer Gesteine) mittels der Klemme k auf dem Tisch i sicher befestigt ist, wird der Apparat mit den Schrauben v genau horizontal gerichtet. Durch Justierung der Kontreschraube t stellt sich der Zeiger Z des Balkens auf 0 ein.

Nunmehr arretiert man den Wagebalken mittels der Hemmung h , wodurch gleichzeitig die Diamantspitze um 1,5 mm gehoben wird, und belastet die Schale r mit einem etwas kleineren als dem Minimalgewicht für die betreffende Gesteinsart (bei trockenem Dachschiefer 3 bis 4 g). Alsdann wird der Balken langsam mittels des Triebes f gesenkt, bis die Diamantspitze die Oberfläche der Probeplatte nahezu berührt, und die Arretierung bei h ausgelöst, so daß nunmehr die belastete Spitze unbehindert in das Gestein eindringen kann. Hierauf wird der Schlitten mittels des Griffes n etwa $1\frac{1}{2}$ cm nach vorn gezogen. Man wiederholt nun diese Operation, nachdem man die Diamantspitze mittels der Arretierungsvorrichtung abgehoben, den Schlitten zurückgezogen und denselben durch eine Umdrehung der Supportschraube o um 1 mm seitwärts geschoben hat. Die jedesmalige Wiederholung dieser Manipulation geschieht unter Vermehrung der Belastung um je 1 g^1), und zwar so oft, bis auf der Probeplatte mehrere, mit bloßem Auge gut wahrnehmbare Striche entstanden sind. Angenommen, es wäre dies bei einer Belastung von 12 g der Fall, die Operation, welche mit 4 g begann, also 9mal ausgeführt worden, und es fänden sich auf der Probeplatte, bei Untersuchung mit einer starken Lupe (10malige Vergrößerung), 3 Striche, so ist der erste wahrnehmbare Strich bei einer Belastung von 10 g entstanden, welches Gewicht der Härte der Probe proportional zu setzen ist²⁾.

150. Vor Einführung des Sklerometers war man bei Härteprüfungen lediglich auf die von Mohs herrührende Methode angewiesen, welche auf einer Vergleichung mit den Härtegraden einer Reihe von Mineralien, der sog. Härteskala beruht. Diese Skala enthält folgende Mineralien: 1. Talk, 2. Gips, 3. Kalkspat, 4. Flußspat, 5. Apatit, 6. Feldspat, 7. Quarz, 8. Topas, 9. Korund, 10. Diamant.

¹⁾ Bei weicheren Gesteinen wird sich eine entsprechend geringere, sukzessive Gewichtszulage empfehlen.

²⁾ Die bei der Härteprüfung von Metallen angewandte Methode, die Eindringungstiefe der Spitze bei verschiedener Belastung durch mikroskopische Ausmessung der Strichbreite zu bestimmen, ist für die Gesteinsuntersuchung nicht verwendbar, weil das spröde Material eine scharfe Strichzeichnung in der Regel nicht ermöglicht.

Der fragliche Härtegrad einer Substanz wird bestimmt, indem man mit einer spitzen Stelle des Skalenminerals, von 1 anfangend und der Reihe nach fortschreitend, über eine glatte Fläche des zu prüfenden Körpers mit mäßigem Druck hinfährt, bis bei einem, z. B. dem 5. Gliede der Skala, ein Ritzen erfolgt. Dann ist der betreffende Körper also weicher als 5. Wird er von der Probe nicht geritzt, vermag aber auch in diese nicht einzudringen, so hat er die Härte 4; findet jedoch hierbei eine Einwirkung statt, so hat er die Härte 4,5.

151. Die Vergleichung der Sklerometergrade mit der Mohs'schen Skala zeigt, daß zwischen den einzelnen Stufen der letzteren keine Proportionalität besteht.

Setzt man die mit dem Sklerometer bestimmte Härte des Gußeisens = 1000 Gew.-Einheiten, dann ergeben sich folgende Härtewerte für andere Metalle:

| | Sklerometer- Gew.-Einheiten | Mohs'sche Härtegrade |
|---------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Stabeisen | 948 | 5 |
| Platin | 375 | 4—4,5 |
| Kupfer | 301 | 2,5—3 |
| Silber | 208 | 2,5—3 |
| Gold | 167 | 2,5—3 |
| Wismut | 52 | 2,5 |
| Zinn | 27 | 2 |
| Blei | 16 | 1,5 |

Man ersieht hieraus, daß die Mohs'sche Methode auch an und für sich wenig exakte Resultate gibt, da zwischen den Härtegraden 2,5—3 Differenzen der Sklerometereinheiten von 167—301 liegen.

152. Nichtsdestoweniger genügt das Mohs'sche Verfahren im allgemeinen dem praktischen Bedürfnis, und man kann sogar für näherungsweise Bestimmungen auch ohne jene Mineralskala auskommen, wenn man folgendes berücksichtigt:

Mineralien der Härte 7 geben am Stahl Funken;
 „ „ „ 6 (Stahlhärte) sind mit dem Messer nicht ritzbar;
 „ „ „ 5 mit dem Messer ziemlich schwer, bei stärkerem Druck ritzbar;
 „ „ „ 4 mit dem Messer leicht bei mäßigem Druck ritzbar;
 „ „ „ 3 mit dem Messer sehr leicht ohne erheblichen Druck ritzbar;
 „ „ „ 2 mit dem Fingernagel ritzbar;
 „ „ „ 1 mit dem Fingernagel sehr leicht ritzbar.

153. Die gesteinsbildenden Mineralien haben nach der Mohs'schen Skala bezw. nach Sklerometer-Gew.-Einheiten folgende Härtegrade:

| | n. Mohs | Sklerometer-Gew.-Einh. |
|---------------------------|---------|------------------------|
| Andalusit | 7—7,5 | — |
| Turmalin | 7—7,5 | — |
| Quarz | 7 | — |
| Olivin | 6,5—7 | — |
| Granat | 6,5 | — |
| Magneteisen | 5,5—6,5 | — |
| Leucit | 5,5—6 | — |
| Nephelin | 5,5—6 | 1000 |
| Sodalith | 5,5 | 980 |
| Nosean | 5,5 | 980 |
| Hornblende | 5—6 | 980—1000 |
| Augit | 5—6 | 980—1000 |
| Diallag | 4 | 375 |
| Dolomitspat | 3,5—4,5 | 350—520 |
| Anhydrit | 3—3,5 | 200—340 |
| Kalkspat | 3 | 200—240 |
| Magnesiaglimmer | 2,5—3 | 167 |
| Kaliglimmer | 2—3 | 98—160 |
| Gips | 2 | 76 |
| Chlorit | 1,5 | 44 |
| Sericit | 1—1,5 | 12—25 |
| Talk | 1 | 10 |

154. Von H. Herz¹⁾ ist eine andere Methode der Härtebestimmung, das sog. Kugeldruckverfahren, in Vorschlag gebracht worden, welches darauf beruht, daß eine gehärtete Stahlkugel auf die glatte Fläche des zu prüfenden Minerals gepreßt wird. Bei einem bestimmten Druck erfolgt dann plötzlich an der Druckstelle ein feiner, kreisförmiger Sprung und es soll die zur Erzeugung desselben erforderliche Kraft dem Härtegrade entsprechen.

Man sieht ohne weiteres, daß es sich hier im wesentlichen um die Feststellung einer bestimmten Elastizitätsgrenze handelt, also um eine Eigenschaft der Körper, die mit der Härte, nach der bisherigen Auffassung, nicht identisch ist.

Wie übrigens zu erwarten war, zeigen nur spröde Körper einen plötzlich auftretenden kreisförmigen Sprung. Bei anderen findet eine regelmäßige, dauernde Einbiegung statt, die mit zunehmender Belastung stetig tiefer wird, ohne daß ein momentanes Abreißen eintritt.

¹⁾ Crelles Journal 92, S. 156. 1882.

B. Abnutzbarkeit.

155. Wenngleich die Härte nach der in der Mineralogie geltenden Definition (s. Abs. 146) eine Eigenschaft ist, die nur einfachen Körpern zukommt, so hat man in der Technik den Härtebegriff doch auch auf gewisse Kohärenzeigenschaften zusammengesetzter, körniger Gesteine übertragen.

Man bezeichnet z. B. den Granit, der aus Mineralien der Härte 7 (Quarz), 6 (Feldspat) und 2—3 (Glimmer) besteht, als ein bedeutend härteres Gestein wie etwa den Sandstein mit tonigem Bindemittel, dessen Bestandteile die Härte 7 (Quarz) und 2—3 (Bindemittel) besitzen. Diese Gesteinhärte ist aber eine von dem mineralogischen Härtebegriff wesentlich abweichende Eigenschaft, die auch keineswegs aus dem durchschnittlichen Härtewert der einzelnen Bestandteile abzuleiten ist. Vielmehr hängt die sog. Härte zusammengesetzter Gesteine ab:

1. von der Härte des vorwaltenden Gemengteils;
2. von dem Mengenverhältnis desselben gegenüber der sonstigen Bestandmasse, und
3. von der Gefüge- oder Kornbindungs-Festigkeit des Gesteins.

156. Zur Geltung kommt diese komplexe Eigenschaft der Gesteine bei ihrer Bearbeitung zu Werksteinen usw., beim Bohren von Sprenglöchern bzw. bei Tiefbohrungen oder bei ihrer Verwendung als Pflaster- und Schottermaterial, und man kann sie deshalb als Bearbeitungshärte, Bohrhärte und Abnutzungshärte unterscheiden.

Von besonderer Bedeutung ist namentlich die letztere Eigenschaft wegen der umfangreichen und wichtigen Verwendung der natürlichen Gesteine als Schotter- und Pflastermaterial für den Chausseebau und den städtischen Straßenbau.

157. Um die Abnutzungshärte zu bestimmen, hat bereits Bauschinger eine Schleifmaschine verwendet, welche, nach Einführung einiger Verbesserungen, die aus Fig. 50 ersichtliche Konstruktion besitzt.

Die hierbei zur Anwendung kommende Methode ist folgende. Die würfelförmigen Probekörper von etwa 6 cm Kantenlänge werden unter bestimmtem Druck über eine gußeiserne Unterlage geführt, während beständig ein Schleifmittel (feine Stahlkörner oder Schmirgel) unter die Probekörper geleitet wird.

Nachdem die letzteren einen bestimmten Weg auf der Gußeisenfläche durchlaufen haben, mißt man, um wie viel sie niedriger bzw. leichter geworden sind. Die Schleifbahn ist ein horizontaler, ebener Gußeisenring, der 30 Umdrehungen in der Minute ausführt.

Der Ständer, in der die Achse der Schleifscheibe läuft, trägt zwei Steinhalter, so daß man gleichzeitig zwei Steine prüfen kann.

Jeder Steinhalter besteht aus einer vertikal leicht verschiebbaren, drehbaren Welle mit angestecktem Teller, an dem ein Futter angeklemt ist. In dem Futter wird der Stein eingespannt. Das obere Ende des Steinhalters kann durch Gewichte bis auf 30 kg belastet werden.

Der Steinhalter ohne Aufsteckgewicht wiegt ca. 15 kg.

Die Entfernung der Steinhalter von der Achse der Schleifscheibe ist so bemessen, daß der Schleifweg bei einer Umdrehung der Scheibe 2 m beträgt.

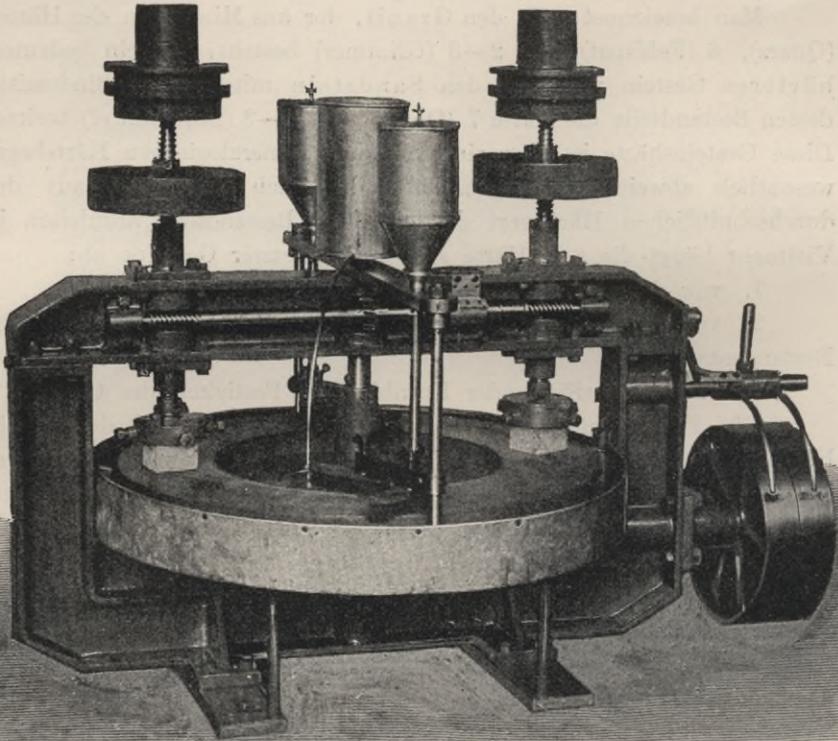


Fig. 50. Schleifmaschine von J. Amsler-Laffon u. Sohn in Schaffhausen.

Da die Scheibe 30 Umdrehungen in der Minute ausführt, so beträgt der Schleifweg 1 m in der Sekunde. Die beiden Steinhalter werden durch ein Schneckengetriebe von der Scheibenachse aus langsam gedreht, was für die Gleichmäßigkeit der Abnutzung der Steine von Bedeutung ist.

Sobald die Schleifscheibe 250 Umdrehungen gemacht hat, also der Schleifweg 500 m beträgt, was etwa $8\frac{1}{2}$ Minuten dauert, stellt sich die Maschine von selbst ab. Alsdann nimmt man jeden der beiden Steine samt dem Futter weg, mißt die Abnutzung und steckt das Futter wieder an den Teller. Hierauf rückt

man die Maschine aufs neue ein und nach weiteren 250 Umdrehungen stellt sie sich wiederum ab. Ein Zähler mit springenden Zahlen zeigt den zurückgelegten Schleifweg in Metern an.

Als Schleifmittel verwendet man am zweckmäßigsten Stahlsand, eine feingekörnte, äußerst harte Stahlmasse. Stahlsand hat gegenüber Schmirgel den Vorteil, daß er sehr widerstandsfähig gegen Zermalmung ist, und daher nicht zerstäubt. Auch greift er die Steine viel stärker und gleichmäßiger an als Schmirgel¹⁾.

Das Schleifmittel ist in zwei Sandbüchsen mit regulierbarem Auslauf enthalten.

Unterhalb jeder Sandbüchse sind zwei Bürsten angebracht, welche die Schleifbahn berühren, und das Schleifmittel, nachdem es einen Stein verlassen hat, entweder wieder in die Mitte der Schleifbahn leiten oder aber von der Schleifbahn abstreifen und in die feststehende Blechrinne, welche die Schleifbahn umgibt, befördern.

Das Schleifen kann trocken oder naß ausgeführt werden. Für den letzteren Fall liefert ein Gefäß mit Auslaufhahn über der Schleifbahn das erforderliche Wasser. Da sich beim Schleifen auch die Schleifbahn abnutzt, so wird diese allmählich uneben und muß von Zeit zu Zeit wieder abgerichtet werden. Dies geschieht durch Abdrehen auf der Maschine selbst, an der zu diesem Zweck eine kräftige Schiene mit Drehstahl befestigt ist.

158. Nach Bauschinger wächst die Abnutzung, bei spärlicher Verwendung des Schleifpulvers, annähernd proportional der Menge desselben, und es ist deshalb zur Erzielung vergleichbarer Resultate erforderlich, den Zufluß aus den Sandbüchsen so zu regulieren, daß stets ein Überschuß des Schleifmittels vorhanden ist. In diesem Falle ist die Abnutzung auch unabhängig von der Größe der Reibungsfläche des Probekörpers.

159. Die Wirkung des Schleifvorganges beruht zunächst auf einer vielfachen Ritzung der Gesteinsoberfläche durch das härtere Schleifmaterial und auf einer Abreibung der auf diese Weise in ihrem Zusammenhange gelockerten Gesteinsbestandteile. Je fester der Kornzusammenhang ist, desto geringer wird bei gleichartigen Gesteinen, die also aus Gemengteilen derselben Härte bestehen, die Abnutzung sein, und deshalb darf man voraussetzen, daß dieselbe innerhalb der einzelnen Gesteinsklassen auch in einem gewissen Verhältnis zur Druckfestigkeit steht.

Inwieweit dies der Fall ist, mag die folgende Zusammenstellung der betreffenden Versuchsergebnisse dartun.

¹⁾ Bei Verwendung von Stahlsand sind Vergleichsversuche mit der gebräuchlichen Schmirgelsorte an Probekörpern von verschiedener Härte erforderlich.

**Prüfungsergebnisse betreffend Druckfestigkeit und Abnutzungshärte
nach Bauschinger¹⁾.**

[Mitteilungen aus d. mech. techn. Laboratorium der Techn. Hochschule
in München Heft 11 (1884) und Heft 18 (1889)].

| Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzg. trock. in g | Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzg. trock. in g |
|------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 160. Granit | | | Riedlberg bei Schärding | 1745 | 12,5 |
| Vilshofen | 2800 | 13,7 | Nabburg | 1740 | 7,7 |
| Messeler Wald, Hessen | 2410 | 10,3 | Mariental bei Schärding | 1735 | 12,7 |
| Grube Barenbach I . . | 2331 | 11,7 | Grube Barenbach II . | 1733 | 9,7 |
| Baden | 2320 | 9,1 | Blauberg bei Cham . . | 1715 | 12,9 |
| Vilshofen | 2261 | 13,2 | Cham | 1705 | 16,9 |
| Hambach an der Berg- straße | 2230 | 10,4 | Cham | 1700 | 16,2 |
| Mettenbach b. Wiesbaden | 2221 | 26,3 | Blauberg, Oberpfalz . . | 1670 | 11,8 |
| Neunburg v. W. | 2190 | 8,4 | Lindenstein, Hessen . . | 1650 | 13,8 |
| Fonday, Elsaß | 2180 | 13,1 | Blauberg, Oberpfalz . . | 1650 | 13,5 |
| Melibocus | 2161 | 12,2 | Fichtelgebirge | 1645 | 9,4 |
| Bischofsweiler, Oberels. | 2150 | 9,7 | Blauberg, Oberpfalz . . | 1590 | 11,4 |
| Schneeberg, Erzgebirge | 2118 | 11,9 | „ „ . | 1580 | 11,4 |
| Hambach an der Berg- straße | 2100 | 12,1 | „ „ . | 1550 | 10,2 |
| Nabburg | 2093 | 7,8 | Allersweiler, Rheinpfalz | 1534 | 8,6 |
| Allersweiler, Pfalz . . | 2037 | 9,6 | Fichtelgebirge | 1530 | 7,4 |
| Hambach an der Berg- straße | 2030 | 12,1 | Blauberg, Oberpfalz . . | 1530 | 10,6 |
| Nothalten, Oberelsaß . | 2000 | 8,6 | Nabburg, Oberpfalz . . | 1530 | 9,7 |
| Hambach an der Berg- straße | 1990 | 10,8 | Gernsbach, Baden . . . | 1520 | 11,3 |
| Bischofsmais | 1970 | 15,7 | Wunsiedel, Fichtel- gebirge | 1520 | 15,5 |
| Fonday, Elsaß | 1911 | 10,3 | Zeithof, Bayr. Wald . | 1520 | 13,9 |
| Cham | 1905 | 14,4 | Blauberg, Oberpfalz . . | 1500 | 12,8 |
| Vilshofen | 1898 | 13,2 | „ „ . | 1490 | 11,9 |
| Windstein, Elsaß . . . | 1860 | 11,4 | Gernsbach, Baden . . . | 1450 | 8,2 |
| Hambach an der Berg- straße | 1830 | 9,4 | Blauberg, Oberpfalz . . | 1430 | 9,2 |
| Steinberg b. Schwandorf | 1830 | 10,1 | „ „ . | 1420 | 12,9 |
| Ruß, Elsaß | 1827 | 11,6 | „ „ . | 1410 | 11,4 |
| Hambach an der Berg- straße | 1770 | 12,3 | Kornberg, Oberfranken | 1410 | 15,4 |
| Nabburg | 1750 | 8,2 | Allersweiler, Pfalz . . | 1370 | 9,5 |
| | | | Blauberg, Oberpfalz . . | 1370 | 12,6 |
| | | | „ „ . | 1350 | 9,6 |
| | | | Gernsbach, Baden . . . | 1320 | 9,5 |
| | | | Blauberg, Oberpfalz . . | 1320 | 9,1 |
| | | | Allersweiler, Pfalz . . | 1300 | 8,7 |

¹⁾ Umdrehungszahl der Schleifscheibe: 200; Schleifradius: 49 cm; Belastung 44,6 kg; Schleifmaterial: Naxos-Schmirgel Nr. 3, 20 g auf 22 Umdrehungen.

| Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzgt. trock. in g | Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzgt. trock. in g |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Forts. Granit | | | | | |
| Schurbach b. Kemnath | 1290 | 11,5 | Rammelsbach, Pfalz . . | 1853 | 18,8 |
| Blauberg, Oberpfalz . . | 1270 | 10,7 | Rimbachzell, Oberelsaß | 1810 | 15,3 |
| „ „ . . . | 1270 | 9,1 | St. Wendel bei Saar- | | |
| Achern, Baden . . . | 1265 | 12,2 | brücken | 1545 | 19,9 |
| Lindenstein, Hessen . . | 1240 | 14,4 | | | |
| Schurbach bei Kemnath | 1230 | 14,6 | 166. Basalt | | |
| Gernsbach, Baden . . . | 1230 | 8,2 | Neustadt a. S. | 3700 | 10,3 |
| „ „ . . . | 1210 | 10,5 | „ „ „ | 3250 | 10,4 |
| Schurbach bei Kemnath | 1140 | 13,6 | Bischofsheim | 3210 | 11,6 |
| Bischofsmais | 1125 | 16,9 | Roden | 2990 | 9,1 |
| Gernsbach, Baden . . . | 880 | 12,1 | Ortenberg, Hessen . . . | 2987 | 9,7 |
| | | | Grube Wilsenroth . . . | 2984 | 9,7 |
| 161. Felsit | | | Ortenberg, Hessen . . . | 2883 | 13,6 |
| Rohrschweyer, Oberels. | 2865 | 9,4 | Offenbach | 2841 | 16,6 |
| Breitenbach, Oberels. . | 2305 | 20,5 | Altenstadt, Hessen . . . | 2840 | 13,9 |
| Kirzheim, Oberelsaß . . | 2045 | 9,4 | Ober-Ramstadt | 2747 | 18,5 |
| | | | Unterweißenbrunn bei | 2720 | 11,1 |
| 162. Porphy | | | Schweinfurt | | |
| Ottrott, Oberelsaß . . . | 2845 | 9,1 | Düdelshcim, Oberhessen | 2457 | 16,3 |
| Hersbach II, Elsaß . . . | 2795 | 6,9 | Kirn a. Nahe | 2407 | 16,2 |
| Hersbach I, Elsaß . . . | 2600 | 6,5 | Lauterbach, Hessen . . . | 1971 | 24,8 |
| Köln (?) | 2583 | 7,5 | Niedermendig | 835 | 22,3 |
| Hersbach III, Elsaß . . . | 2580 | 7,0 | | | |
| Hersbach II, Elsaß . . . | 2425 | 6,3 | 167. Quarzit | | |
| Hersbach V, Elsaß . . . | 2255 | 8,8 | Kugelberg, Oberelsaß . . | 3200 | 4,6 |
| Hersbach IV, Elsaß . . . | 2045 | 7,6 | Sierk bei Metz | 2850 | 8,2 |
| Gebweiler, Oberelsaß . . | 1695 | 13,9 | Mettlach I | 2800 | 8,2 |
| Fichtelgebirge | 1360 | 12,4 | „ II | 2580 | 8,6 |
| Fressilian | 1325 | 11,0 | | | |
| | | | 168. Sandstein | | |
| 163. Diorit | | | Isenberg a. Ruhr | 2247 | 6,1 |
| Aschaffenburg | 2380 | 16,2 | Kupferdreh | 1862 | 6,4 |
| Fraize, Frankreich . . . | 2300 | 14,6 | Wetter a. Ruhr | 1782 | 9,5 |
| Otterberg, Pfalz | 1860 | 30,7 | Rheinprovinz | 1687 | 6,6 |
| | | | Rheinprovinz | 1667 | 6,9 |
| 164. Trachyt | | | Kupferdreh | 1628 | 7,5 |
| Stenzelberg, Siebengeb. | 1515 | 21,1 | Essen | 1588 | 6,8 |
| Wolkenburg, „ | 1165 | 41,4 | Altenbochum | 1560 | 9,2 |
| | | | Hespertal bei Werden | | |
| 165. Melaphyr | | | a. Ruhr | 1407 | 8,6 |
| Gebweiler, Oberelsaß . . | 2480 | 7,6 | Altenbochum | 1280 | 10,9 |
| Wattweiler, „ | 2245 | 13,2 | Westhofen a. Ruhr . . . | 1197 | 8,5 |
| Rammelsbach, Rheinpf. | 2220 | 16,1 | Amt Herbede | 1187 | 8,7 |
| St. Wendel | 2010 | 19,8 | Dielkirchen, Alsenztal . . | 421 | 36,4 |

| Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzg. trock. in g | Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzg. trock. in g |
|-------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 169. Grauwacke | | | Schineck | 2230 | 17,5 |
| Grendelbruch, Oberelsaß | 2965 | 16,4 | Burbach | 2205 | 11,7 |
| Sulzbach, „ | 2775 | 11,7 | Wackenbach, Oberelsaß | 2095 | 8,4 |
| Moosch, „ | 2685 | 10,3 | Sulz, Oberelsaß | 1915 | 14,6 |
| Pont du Bas, „ | 2590 | 11,1 | Oberelsaß | 1750 | 16,0 |
| Wisch, „ | 2430 | 18,0 | 170. Kalkstein | | |
| Kaltenbach bei Thann . | 2340 | 13,9 | Kirchheim b. Würzburg | 608 | 106,6 |
| Buchberg, Elsaß | 2315 | 9,5 | „ „ „ | 576 | 109,7 |
| Framont, „ | 2310 | 8,9 | | | |

171. Die vorstehenden Ergebnisse, nach der Druckfestigkeit in Gruppen zusammengestellt, liefern innerhalb derselben folgende Grenz- und Mittelwerte der Abnutzung:

| Druckfestigkeit in kg/qcm | Abnutzung | | | Druckfestigkeit in kg/qcm | Abnutzung | | |
|------------------------------|-----------|-------|--------|------------------------------|-----------|------|--------|
| | Min. | Max. | Mittel | | Min. | Max. | Mittel |
| Granit | | | | | | | |
| 2800—1827 | 7,8 | 26,3 | 11,8 | 1520—1300 | 8,2 | 15,5 | 12,6 |
| 1770—1530 | 7,4 | 16,9 | 11,4 | 1290—850 | 8,2 | 16,9 | 12,2 |
| Porphy | | | | | | | |
| 2845—2425 | 6,3 | 9,1 | 7,2 | 2255—1325 | 7,6 | 13,9 | 10,7 |
| Felsit | | | | | | | |
| 2865—2045 | 9,4 | 20,5 | 13,1 | Diorit | | | |
| 2380—1860 | 14,6 | 30,7 | 20,5 | Melaphyr | | | |
| 2480—2220 | 7,6 | 16,1 | 13,3 | 2010—1545 | 15,3 | 19,9 | 18,5 |
| Basalt | | | | | | | |
| 3700—2883 | 9,1 | 13,6 | 10,6 | 2841—1971 | 11,1 | 24,8 | 16,8 |
| Basaltlava | | | | | | | |
| 865 | — | 22,3 | — | Quarzit | | | |
| 3200—2580 | 4,6 | 8,6 | 7,4 | Sandstein | | | |
| 2247—1628 | 6,1 | 9,5 | 7,2 | 1588—1137 | 6,8 | 10,9 | 8,8 |
| Grauwacke | | | | | | | |
| 2965—1750 | 8,4 | 18,0 | 12,9 | 421 | — | 36,4 | — |
| Kalkstein | | | | | | | |
| 608—576 | 106,6 | 109,7 | 108,2 | | | | |

**Prüfungsergebnisse betreffend Druckfestigkeit und Abnutzungshärte
nach Böhme und Gary¹⁾.**

Mitteilungen der Technischen Versuchsanstalten zu Berlin. Jahrg. 1889, 1892, 1898.

| Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzg. trock. in g | Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzg. trock. in g |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 172. Granit | | | Niclasdorf bei Strehlen | 2070 | 19,3 |
| Sternö I (Schweden) . . | 3135 | 12,0 | Rennholding bei Aicha | | |
| Oerstreit (Schlesien) . . | 2993 | 19,3 | a. d. W. | 2047 | 22,8 |
| Bebersdorf | 2696 | 10,9 | Bautzen | 2036 | 15,2 |
| Sternö II (Schweden) . . | 2670 | 18,8 | Wahnitz (Sachsen) . . | 2018 | 15,4 |
| Stilleryd (Schweden) . . | 2667 | 16,1 | Halmstadt I (Schweden) | 2018 | 18,6 |
| Lüptitz (Sachsen) . . . | 2576 | 14,6 | Halmstadt II (Schweden) | 2016 | 22,6 |
| Sternö (Schweden) . . . | 2547 | 16,5 | Carlskrona (Schweden) . | 2014 | 18,7 |
| Hammeren (Bornholm) . | 2470 | 17,4 | Lysekiel (Schweden) . . | 2007 | 21,3 |
| Nitterwitz-Matwitz . . . | 2393 | 18,9 | Fischbach (Schlesien) . | 1996 | 16,3 |
| Lauter bei Schwarzberg | 2388 | 18,3 | Neuhaus (Bayern) . . . | 1962 | 22,0 |
| Altenhain bei Grimma | 2346 | 16,1 | Thumitz (Sachsen) . . . | 1958 | 20,2 |
| Malmö (Schweden) . . . | 2344 | 13,5 | Strehlen II | 1950 | 15,6 |
| Wekerun I (Schweden) . | 2344 | 14,2 | Graeben bei Striegau . . | 1942 | 22,5 |
| Cerčan I (Böhmen) . . . | 2329 | 25,9 | Drammen (Norwegen) . . | 1938 | 16,4 |
| Galgenberg bei Striegau | 2281 | 23,9 | Heinsbach | 1919 | 24,0 |
| Blauberg I (Bayern) . . . | 2257 | 19,9 | Schurbach (Bayern) . . . | 1909 | 36,0 |
| Wekerun II (Schweden) | 2248 | 13,5 | Auritz (Sachsen) | 1889 | 21,5 |
| Striegau | 2228 | 22,6 | Blauberg III (Bayern) . . | 1864 | 21,2 |
| Strehlen I | 2228 | 29,5 | Blauberg IV (Bayern) . . | 1862 | 20,3 |
| Görzig bei Strehla . . . | 2223 | 17,7 | Göppersdorf (Schlesien) | 1862 | 35,1 |
| Carlskrona (Schweden) . | 2221 | 15,0 | Klein-Krosse b. Weidenau | 1858 | 33,4 |
| Selb (Bayern) | 2197 | 19,3 | Kalthaus II (Schlesien) . | 1849 | 25,1 |
| Lindenstein (Odenwald) | 2195 | 19,8 | Kalthaus III (Schlesien) | 1838 | 21,1 |
| Goeppersdorf b. Strehlen | 2179 | 28,5 | Strehlen III | 1838 | 26,0 |
| Kalthaus I bei Striegau | 2176 | 16,9 | Weiden bei Nabburg | | |
| Cerčan II (Böhmen) . . . | 2153 | 21,2 | (Bayern) | 1835 | 18,6 |
| Kummersdorf (Bayern) . | 2125 | 18,0 | Mühlberg bei Striegau . . | 1780 | 28,2 |
| Namerig (Bayern) | 2117 | 28,8 | Frederikstad (Norwegen) | 1777 | 23,9 |
| Frauenberg b. Altenhain | 2092 | 19,2 | Wahnitz (Sachsen) . . . | 1766 | 20,3 |
| Nabburg I (Bayern) . . . | 2078 | 14,7 | Zwingsberg (Hessen) . . | 1759 | 20,2 |
| Nabburg II (Bayern) . . . | 2076 | 15,7 | Streitberg bei Oberstreit | 1755 | 17,1 |
| Blauberg II (Bayern) . . | 2074 | 11,2 | Zadel bei Meißen | 1688 | 19,6 |

¹⁾ Umdrehungszahl der Schleifscheibe: 450; Schleifradius: 22 cm; Belastung: 30 kg; Schleifmaterial: Naxos-Schmirgel Nr. 3, 20 g auf 22 Umdrehungen. Der kleinere Schleifradius gegenüber der von Bauschinger verwendeten Maschine ist durch eine entsprechend größere Umdrehungszahl ersetzt, so daß die beiderseitigen Ergebnisse vergleichbar sind.

| Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzg. trock. in g | Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzg. trock. in g |
|-------------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Forts. Granit | | | | | |
| Häslicht bei Striegau | 1671 | 18,5 | Oelberg (Siebengebirge) | 3309 | 17,4 |
| Meißen | 1583 | 15,2 | Finkenberg/b. Limperich | 3277 | 8,2 |
| Gefrees (Fichtelgebirge) | 1580 | 28,8 | Billstein (Hessen-Kassel) | 3152 | 25,0 |
| Triberg (Schwarzwald) | 1574 | 17,0 | Plaidt bei Andernach | | |
| Buchleithen bei Aicha | 1463 | 19,7 | (Basaltlava) | 1764 | 29,6 |
| Blauberg V (Bayern) | 1449 | 38,6 | Kottenheim bei Mayen | | |
| Wehrsdorf (Oberlausitz) | 1394 | 23,1 | (Basaltlava) | 1452 | 22,7 |
| Steinkirche | 1355 | 37,6 | | | |
| 175. Grauwacke | | | | | |
| 173. Porphy | | | Pretzien bei Gommern | 2881 | 20,9 |
| Schönau (Baden) | 2577 | 17,4 | Hunswinkel im Listertal | 2871 | 29,3 |
| Lüptitz (Sachsen) | 2562 | 15,7 | Gommern (Sachsen) | 2636 | 12,3 |
| St. Quenast (Belgien) | 2544 | 14,0 | Bleienburg | 2459 | 88,2 |
| Petersberg I (Saalkreis) | 2246 | 16,3 | Hundisburg I bei Magdeburg | 2183 | 23,0 |
| Petersberg II (Saalkreis) | 2219 | 14,6 | (Ohne Angabe) | 2171 | 20,6 |
| Dossenheim | 2205 | 22,4 | (Ohne Angabe) | 2074 | 15,1 |
| Löbejün I bei Halle | 2018 | 17,1 | Niederbergheim bei | | |
| Bemha (Sachsen) | 2008 | 14,7 | Allagen | 1960 | 19,5 |
| Löbejün II bei Halle | 1967 | 22,2 | Ebendorf bei Magdeburg | 1944 | 23,6 |
| Hoheleden bei Löbejün | 1958 | 20,7 | (Ohne Angabe) | 1788 | 17,5 |
| 174. Basalt | | | Hundisburg II bei Magdeburg | 1732 | 28,7 |
| Debus bei Proskowitz | | | 176. Sandstein | | |
| (Böhmen) | 5071 | 12,6 | Eggeholz bei Laatzten | 3226 | 24,5 |
| (Angabe fehlt) | 4837 | 18,5 | Dinant (Belgien) | 3213 | 17,9 |
| Hummelsberg bei Linz | | | Rönsahl (Hessen) | 2861 | 22,9 |
| a. Rh. | 4740 | 22,1 | Liège (Belgien) | 2774 | 21,8 |
| Am Breiten Berg bei | | | Piesberg (Westfalen) | 1736 | 10,7 |
| Striegau | 4606 | 17,3 | Sistig (Eifel) | 1481 | 31,8 |
| Wirberg b. Heisterbach | 4397 | 22,5 | Cudowa (Schlesien) | 1415 | 22,4 |
| Romstal (Hessen-Kassel) | 4270 | 15,9 | Velpke | 1361 | 54,3 |
| Sproitz (Ob.-Lausitz) | 4081 | 17,2 | Horst bei Steele | 1248 | 43,5 |
| Orb bei Gelnhausen | 3931 | 15,7 | Osterwald (Hannover) | 1167 | 47,9 |
| Dollendorfer Hardt | | | Schlegel bei Neurode | 1160 | 55,7 |
| (Rheinland) | 3788 | 20,9 | Friedrichstein (Schlesien) | 1098 | 41,7 |
| Dornhecke b. Oberkassel | 3780 | 18,7 | Friedersdorf bei Cudowa | 1082 | 36,5 |
| Belgien | 3666 | 14,1 | Buchholz, Kr. Tecklenburg | 1079 | 51,7 |
| Roßberg (Hessen-Nassau) | 3642 | 21,9 | Hartenkopf bei Neuheilenbach | 947 | 73,1 |
| Watzenhahn b. Willmenrod | 3477 | 22,9 | | | |
| Schwarzenberg (Rheinland) | 3445 | 24,0 | | | |

| Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzg. trocken. in g | Fundort | Druckfestigkeit kg/qcm | Abnutzg. trocken. in g |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Forts. Sandstein | | | | | |
| Oberkirchleithen a. d. E. | 897 | 76,9 | Otterberg bei Kaisers- | | |
| (Ohne Angabe) | 880 | 90,1 | lautern | 484 | 96,6 |
| Seffern | 839 | 77,9 | Biewer | 414 | 323,1 |
| Stadtoldendorf | 837 | 45,8 | Schiffweiler I bei Saar- | | |
| (Ohne Angabe) | 826 | | gemünd | 414 | 78,7 |
| Neuwaltersdorf. | 816 | 203,6 | Schiffweiler II bei Saar- | | |
| Gißelberg (Hessen-Kassel) | 788 | 114,8 | gemünd | 411 | 73,6 |
| (Ohne Angabe) | 787 | | (Ohne Angabe) | 368 | 346,9 |
| Dornberg b. Walldüre . | 769 | 56,1 | Wingen-Münztal, Eisen- | | |
| Nesselberg b. Altruhagen | 753 | 74,5 | bahn | 276 | 76,8 |
| Rotenburg a. S. | 729 | 45,2 | Deutsch-Altheim (Loth- | | |
| (Ohne Angabe). | 724 | 71,7 | ringen). | 229 | 214,4 |
| Born (Luxemburg) . . . | 687 | 131,5 | | | |
| Fließen bei Bitburg . . | 684 | 33,3 | | | |
| Heiligenberg bei Mutzig | 671 | 102,2 | | | |
| Willsberg I (Vogesen) . | 669 | 57,1 | | | |
| Wasselnheim | 660 | 121,2 | | | |
| Alt-Warthau (Schlesien) | 660 | 157,2 | | | |
| Daufenbach (Rheinland) | 651 | 82,2 | | | |
| Rackwitz (Schlesien) . . | 648 | 135,2 | | | |
| Plagwitz bei Löwenberg | | | | | |
| in Schlesien | 620 | 222,7 | | | |
| Arzweiler | 616 | 34,2 | | | |
| Stangenwald I b. Zabern | 609 | 89,5 | | | |
| Wangenscher Grund | | | | | |
| (Thüringen) | 607 | 56,6 | | | |
| Wünschelburg (Schles.) | 587 | 101,6 | | | |
| Willsberg II (Vogesen) . | 586 | 69,8 | | | |
| Obersulzbach | 560 | 94,0 | | | |
| Besserlich | 560 | 238,5 | | | |
| Stangenwald II bei | | | | | |
| Zabern | 554 | 45,8 | | | |
| Mürtenbach | 553 | 214,3 | | | |
| Dielskirchen | 545 | 91,6 | | | |
| Daufenbach (Eifel) . . . | 537 | 115,6 | | | |
| Herrnleithe bei Loh- | | | | | |
| men | 530 | 49,1 | | | |
| Deutmansdorf I (Schle- | | | | | |
| sien) | 529 | 113,2 | | | |
| Medard a. Glan | 527 | 56,5 | | | |
| Deutmansdorf II (Schle- | | | | | |
| sien) | 509 | 81,1 | | | |
| Udelfangen | 493 | 186,8 | | | |
| | | | | | |
| | | | 177. Kalkstein | | |
| | | | Kiefersfelden (Bayern) . | 1937 | 63,3 |
| | | | Unterrißdorf bei Eis- | | |
| | | | leben | 1815 | 81,0 |
| | | | (Ohne Angabe). | 1528 | 76,7 |
| | | | " " | 1512 | 51,8 |
| | | | Ronnenberg I (Hannover) | 1494 | 85,4 |
| | | | (Ohne Angabe) | 1435 | 73,6 |
| | | | Solhope bei Seesen . . . | 1315 | 70,5 |
| | | | (Ohne Angabe). | 1193 | 141,6 |
| | | | Ronnenberg II (Hannov.) | 1115 | 158,0 |
| | | | (Ohne Angabe) | 1074 | 73,5 |
| | | | " " | 1056 | 70,6 |
| | | | " " | 899 | 93,8 |
| | | | Riesenbeck bei Hörstel . | 726 | 60,3 |
| | | | (Ohne Angabe). | 710 | 128,3 |
| | | | Leutnitz (Thüringen) . . | 581 | 171,4 |
| | | | Jaumont bei Metz | 270 | 174,1 |
| | | | Montois la Montagne | | |
| | | | (Lothringen). | 204 | 110,6 |
| | | | Brauwillières bei | | |
| | | | Savonnières | 203 | 76,7 |
| | | | | | |
| | | | 178. Dolomit | | |
| | | | (Ohne Angabe). | 2141 | 57,6 |
| | | | Mutzig | 1606 | 67,5 |
| | | | Allendorf (Thüringen) . | 704 | 101,2 |

179. Die vorstehenden Ergebnisse, nach der Druckfestigkeit in Gruppen zusammengestellt, liefern innerhalb der letzteren folgende Grenz- und Mittelwerte der Abnutzung:

| Druckfestigkeit in kg/qcm | Abnutzung | | | Druckfestigkeit in kg/qcm | Abnutzung | | |
|------------------------------|-----------|-------|--------|------------------------------|-----------|-------|--------|
| | Min. | Max. | Mittel | | Min. | Max. | Mittel |
| Granit | | | | | | | |
| 3135 bis 1835 | 10,9 | 36,0 | 19,9 | 1463 bis 1355 | 19,7 | 38,6 | 29,8 |
| 1780 „ 1574 | 15,2 | 28,8 | 20,9 | | | | |
| Porphy | | | | | | | |
| 2577 bis 2544 | 14,0 | 17,4 | 15,7 | 2018 bis 1958 | 14,7 | 22,2 | 18,7 |
| 2246 „ 2205 | 16,3 | 22,4 | 17,8 | | | | |
| Basalt | | | | | | | |
| 5071 bis 4081 | 12,6 | 22,5 | 18,0 | 1764 bis 1452 | 22,7 | 29,6 | 26,2 |
| 3931 „ 3152 | 8,2 | 25,0 | 18,9 | | | | |
| Sandstein | | | | | | | |
| 3226 bis 1736 | 10,7 | 24,5 | 19,6 | 669 bis 560 | 34,2 | 238,5 | 112,2 |
| 1481 „ 1079 | 22,4 | 55,7 | 42,8 | | | | |
| 947 „ 671 | 33,3 | 203,6 | 85,5 | 368 „ 229 | 76,8 | 346,9 | 212,7 |
| Granwacke | | | | | | | |
| 2881 bis 1732 | 12,3 | 88,2 | 27,1 | | | | |
| Kalkstein | | | | | | | |
| 1937 bis 710 | 51,8 | 158,0 | 88,4 | 581 bis 203 | 76,7 | 174,1 | 133,2 |
| Dolomit | | | | | | | |
| 2141 bis 1606 | 57,6 | 67,5 | 62,6 | 704 | — | 101,2 | — |

180. Somit schwanken die Verhältniszahlen der Druckfestigkeits- und Abnutzungswerte innerhalb der verschiedenen Gesteinsarten zwischen folgenden Grenzen:

(I Beobachtungen nach Bauschinger, II Beobachtungen nach Böhme und Gary.)

| | | | | | | |
|-------------|-----------|-----|-----------|--------------|-----|-----------|
| Granit (I) | 1 : 0,005 | und | 1 : 0,014 | } 1 : 0,0045 | und | 1 : 0,020 |
| „ (II) | 1 : 0,004 | „ | 1 : 0,027 | | | |
| Porphy (I) | 1 : 0,003 | „ | 1 : 0,008 | } 1 : 0,005 | „ | 1 : 0,010 |
| „ (II) | 1 : 0,007 | „ | 1 : 0,011 | | | |
| Diorit (I) | 1 : 0,007 | „ | 1 : 0,016 | | | |
| Trachyt (I) | 1 : 0,013 | „ | 1 : 0,035 | | | |

| | | | | | |
|---------------|-----------|-----|-----------|--------------|---------------|
| Melaphyr (I) | 1 : 0,003 | und | 1 : 0,014 | | |
| Quarzit (I) | 1 : 0,002 | „ | 1 : 0,003 | | |
| Basalt (I) | 1 : 0,003 | „ | 1 : 0,027 | } 1 : 0,003 | und 1 : 0,022 |
| „ (II) | 1 : 0,003 | „ | 1 : 0,017 | | |
| Sandstein (I) | 1 : 0,003 | „ | 1 : 0,086 | } 1 : 0,006 | „ 1 : 0,511 |
| „ (II) | 1 : 0,008 | „ | 1 : 0,936 | | |
| Grauwacke (I) | 1 : 0,006 | „ | 1 : 0,009 | } 1 : 0,0065 | „ 1 : 0,013 |
| „ (II) | 1 : 0,007 | „ | 1 : 0,016 | | |
| Kalkstein (I) | 1 : 0,175 | „ | 1 : 0,19 | } 1 : 0,105 | „ 1 : 0,284 |
| „ (II) | 1 : 0,032 | „ | 1 : 0,377 | | |
| Dolomit (II) | 1 : 0,027 | „ | 1 : 0,143 | | |

181. Eine andere Methode, die Abnutzbarkeit von Gesteinsoberflächen zu bestimmen, beruht auf der Anwendung des **Sandstrahlgebläses**.

Die dazu erforderliche Maschine ist für den Betrieb mit direktem Kesseldampf von 2—6 Atm. eingerichtet. Der Dampfdruck wirkt auf den in einem größeren Behälter eingeschlossenen Sand (Normalsand separiert durch Sieb von 120 Maschen p. qcm) und schleudert durch ein Rohr einen kegelförmigen Sandstrahl gegen die Oberfläche des Probekörpers, der mit einem kreisrund ausgeschnittenen Blech abgedeckt wird, welches die Versuchsfläche umgrenzt. Das Ergebnis der Prüfung wird durch den Gewichtsverlust des Probekörpers bestimmt.

182. Als Vorzug dieser Methode gegenüber dem Schleifverfahren ist folgendes angeführt worden:

1. Die Sandkörner des Gebläses kommen nur einmal zur Wirkung, während die Schmirgelkörner beim Schleifverfahren sich, je nach der Härte des zu prüfenden Gesteines, mehr oder weniger abreiben und bei weicheren Gesteinen in diese eindrücken können; 2. das abgelöste Gesteinspulver wird durch das Gebläse ständig entfernt, während es auf der Schleifscheibe verbleibt und die Wirkung des Schmirgels verringert.

Diese Bedenken gegen das Schleifverfahren hätten aber nur dann eine Bedeutung, wenn zwischen der Abschleifbarkeit und dem Quotienten aus der Härte der Gesteinskomponenten und der des Schleifmittels eine Proportionalität bestände, deren Beeinträchtigung durch Nebenwirkungen zu vermeiden wäre. Derartige Beziehungen bestehen aber im allgemeinen nicht, und es kann sich hier deshalb lediglich um eine Nachahmung der natürlichen Abnutzung des Straßenmaterials durch eine Beanspruchung handeln, welche jener Abnutzung in gewissem Grade gleichartig ist.

Daß sich bei härteren Gesteinen die Schmirgelkörner abreiben und alsdann weniger wirksam sind, erhöht allerdings den Unterschied zwischen der Abschleifbarkeit härterer und weicherer Gesteine, aber es wird dies der Methode kaum zum Nachteil gereichen.

Das Eindringen des Schleifmaterials in weichere Gesteine wird nur ein vorübergehendes sein; denn durch die Rotation werden die eingedrunghenen Schleifkörner alsbald wieder aus dem angepreßten Gestein herausgerissen, wobei das letztere stärker geritzt wird. Auch hierdurch dürfte lediglich der Unterschied zwischen den härteren und weicheren Gesteinen schärfer zum Ausdruck gelangen.

Wenn endlich das abgeschliffene Gesteinspulver die Wirkung des Schmirgels beeinträchtigt, so entspricht das dem natürlichen Vorgange bei der Abnutzung des Pflastermaterials, da auch hier das Steinpulver auf dem Straßendamm längere Zeit verbleibt und dessen Abnutzung vermindert.

183. Erscheinen demnach die hinsichtlich des Schleifverfahrens erhobenen Einwendungen als unerheblich, so hat dieses Verfahren gegenüber der Sandstrahlwirkung zweifellos wesentliche Vorteile.

Das Sandgebläse greift die verschiedenen Gesteinsbestandteile, gemäß ihrer abweichenden Härte und Tenazität, in sehr ungleichem Maße an, so daß die Probefläche eine raue Oberfläche erhält, aus welcher die widerstandsfähigeren Gemengteile in Körnern oder Rippen hervortreten. Die Bestimmung des Versuchsergebnisses durch Feststellung der Gewichts-differenz bezieht sich also vorwiegend auf die ausgenagten Bestandteile.

Vergleicht man hiermit die Art und Weise der Abnutzung des Pflastermaterials, so werden zwar auch bei diesem die weicheren Gesteinsbestandteile zuerst ausgeschliffen; aber es bleiben die härteren, freistehenden Partien des Materials keineswegs unverändert, vielmehr werden sie durch die Last der Fuhrwerke und den Hufschlag der Pferde sehr bald zerdrückt, und das Gestein, auch wenn es aus sehr verschiedenen harten Gemengteilen besteht, zeigt niemals eine derartig raue Oberfläche, wie sie durch die Wirkung des Sandstrahlgebläses hervorgerufen wird.

Ganz ähnlich wie bei der natürlichen Abnutzung des Straßenpflasters vollzieht sich der Vorgang bei dem Schleifverfahren, bei welchem zunächst die weicheren Bestandteile ausgeschliffen werden, worauf die hervortretenden härteren Körner durch die unter beträchtlichem Druck stattfindende Reibung zermalmt werden.

184. Wenn deshalb das Schleifverfahren vor der Anwendung des Sandstrahlgebläses den Vorzug verdient, so entspricht doch auch diese Methode nicht in allen Punkten den Anforderungen, und es ist namentlich hervorzuheben, daß die Beanspruchung des Straßenmaterials durch die Stoßwirkung der Lastfahrzeuge und die hiermit zusammenhängende vermehrte abschleifende Wirkung der Räder, wie andererseits durch den Hufschlag der Pferde sehr viel größer ist als bei dem in Rede stehenden Schleifverfahren.

Um auch diese Beanspruchung bei den betreffenden Versuchen zu berücksichtigen, müßten diese unter starker Belastung der Probekörper, bei Anwendung eines nicht zerdrückbaren Schleifmaterials (Stahlsand) ausgeführt und durch Schlagversuche vervollständigt werden.

185. Da hierbei im wesentlichen die Druckfestigkeit des Materials neben der Härte zur Geltung kommen würde, so hat A. Hanisch unter der Annahme, daß die Abnutzung des Straßenpflasters näherungsweise proportional der Verhältniszahl der Abnutzung (b) und umgekehrt proportional der Verhältniszahl der Druckfestigkeit (a) zu setzen sei, für den „Verbrauchskoeffizient“ (v) die Formel aufgestellt:

$$v = \sqrt{\frac{b}{a}}$$

und an einer großen Zahl österreichischer Gesteinsvorkommen diesen Koeffizienten bestimmt, wobei die Festigkeit und Abnutzbarkeit eines sehr festen und harten Basalts als Einheitswerte zugrunde gelegt wurden¹⁾:

| Steingattung | Gewicht 1 m ³ in Kilogramm Mittelwert | Verhältnis- zahl der Druck- festigkeit a | Verhältnis- zahl der Abnütz- barkeit b | Verbrauchs- koeffizient $\sqrt{\frac{b}{a}}$ |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Basalt I | 3090 | 1 | 1 | 1 |
| Basalt II | 2900 | 0,839 | 0,909 | 1,04 |
| Diorit I | 2980 | 0,872 | 0,971 | 1,06 |
| Basalt III | 3050 | 0,825 | 1,180 | 1,20 |
| Granit I | 2650 | 0,745 | 1,082 | 1,21 |
| Basalt IV | 3010 | 0,845 | 1,275 | 1,23 |
| Gabbro (Hypersthenit) . | 3000 | 0,676 | 1,042 | 1,24 |
| Basalt V | 2720 | 0,723 | 1,141 | 1,26 |
| Basalt VI | 3000 | 0,696 | 1,150 | 1,28 |
| Quarzporphyr | 2570 | 0,662 | 1,105 | 1,30 |
| Diorit II | 2930 | 0,825 | 1,441 | 1,32 |
| Basalt VII | 2850 | 0,753 | 1,333 | 1,33 |

¹⁾ A. Hanisch: Wert des Basaltes für die Beschotterung von Straßen; Mitteilungen des Technologischen Gewerbe-Museums. Wien 1906.

| Steingattung | Gewicht 1 m ³ in Kilogramm Mittelwert | Verhältnis- zahl der Druck- festigkeit a | Verhältnis- zahl der Abnütz- barkeit b | Verbrauchs- koeffizient $\sqrt{\frac{b}{a}}$ |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Amphibolit | 2970 | 0,721 | 1,399 | 1,39 |
| Granit II | 2640 | 0,628 | 1,248 | 1,41 |
| Granit III | 2570 | 0,646 | 1,379 | 1,46 |
| Diorit III | 2870 | 0,685 | 1,356 | 1,47 |
| Granit IV | 2660 | 0,599 | 1,290 | 1,48 |
| Granit V | 2650 | 0,535 | 1,196 | 1,49 |
| Granit VI | 2650 | 0,577 | 1,317 | 1,51 |
| Granit VII | 2660 | 0,522 | 1,194 | 1,51 |
| Grauwacke | 2660 | 0,560 | 1,614 | 1,70 |
| Porphyr | 2500 | 0,716 | 2,131 | 1,73 |
| Granit VIII | 2800 | 0,478 | 1,438 | 1,73 |
| Dolomit | 2760 | 0,648 | 2,036 | 1,77 |
| Phonolit | 2610 | 0,447 | 1,611 | 1,89 |
| Granit IX | 2810 | 0,403 | 2,147 | 2,31 |
| Glimmerschiefer | 2750 | 0,373 | 2,039 | 2,34 |
| Dichter Kalk, feste und harte Sorte | 2800 | 0,350 | 2,363 | 2,70 |
| Sandstein, feste und harte Sorte | 2400 | 0,453 | 3,810 | 2,90 |
| Kristallinischer Kalk, feste und harte Sorte . | 2820 | 0,639 | 6,324 | 3,15 |

Hanisch bemerkt hierzu, daß allgemein geltende Vergleichswerte der Gesteine durch Laboratoriumsversuche allein nicht wohl zu erlangen sein werden, weil es nicht angängig erscheint, alle in Betracht kommenden Verhältnisse ziffernmäßig in Rechnung zu stellen.

186. Aus den gleichen Erwägungen ist deshalb bereits von Bauschinger die Forderung gestellt worden, Versuchsstrecken für Chaussierungen und Straßenpflaster anzulegen und die dabei zu gewinnenden Resultate mit den experimentellen Versuchsergebnissen zu vergleichen. In der Tat wird es nur auf diese Weise möglich sein, zu brauchbaren Normen für die Beurteilung der Schotter- und Pflastermaterialien zu gelangen.

Solche Versuchsstraßen wären etwa nach folgendem Plan herzurichten:

Auf zwei Strecken desselben Straßenzuges werden Abschnitte von je 100 m mit verschiedenem Gesteinsmaterial, von gleicher Größe und Bearbeitung, in derselben Ausführung chaussiert bzw. gepflastert. Die

Versuchsstrecke muß entweder annähernd eben sein oder doch in den einzelnen Abschnitten die gleichen Gefällverhältnisse besitzen. Hierbei würden die verschiedenen Materialien unter denselben klimatischen Bedingungen, der gleichen Beanspruchung ausgesetzt werden, vorausgesetzt, daß in die Versuchsstrecke keine Nebenstraßen einmünden, durch welche der Verkehr auf den einzelnen Teilen der ersteren in ungleicher Weise beeinflußt wird.

Da solche Versuche erst dann von praktischer Bedeutung wären, wenn sie nicht nur an den wichtigsten Gesteinsarten, sondern auch an den verschiedenen Varietäten derselben zur Ausführung gelangten, so wird es sich empfehlen, Versuchsstrecken von etwa 5 km vorzusehen, welche für ca. 50 Gesteinsarten ausreichen würden.

Die hier gewonnenen praktischen Erfahrungen wären alsdann mit den Ergebnissen der experimentellen Prüfung zu vergleichen. Die letztere hätte sich aber nicht nur auf die Festigkeit und Abnutzbarkeit der Materialien zu beschränken, sondern müßte auch ihre Wetterbeständigkeit berücksichtigen, sowie die physikalischen Eigenschaften des abgeriebenen Gesteinsstaubes und seiner Verwitterungsprodukte, da namentlich die Plastizität bezw. Bindungsfähigkeit derselben von wesentlichem Einfluß auf die Dauerhaftigkeit der Chaussierung sind.

Kapitel 8.

Bestimmung des Raumgewichts und der Wasseraufsaugungsfähigkeit.

A. Raumgewichtsbestimmung.

187. Das spezifische oder Raumgewicht eines Körpers ist sein Gewicht bezogen auf dasjenige eines gleichen Volumens Wasser als Einheit.

Die Feststellung des Raumgewichts der Gesteine ist von Bedeutung bei der Auswahl derselben zu solchen Bauteilen, für die ein möglichst leichtes Material wünschenswert erscheint, wie für Gewölbe, Balustraden auf ausladenden Gesimsen, Treppengeländer usw. Ferner dient die Kenntnis des Raumgewichts zur Berechnung des Druckes, welchen das Mauerwerk auf die einzelnen Konstruktionsteile bezw. die Fundamente ausübt.

Endlich liefert die Bestimmung dieses Gewichts einen Anhalt für die Beurteilung des Porositätsgrades der Gesteine; denn die gesteins-

bildenden Mineralien sind in ihrer Mehrzahl nur von wenig abweichendem spezifischem Gewicht, und es hängt deshalb der Unterschied des Raumgewichts gleichartiger Gesteine weniger von der Verschiedenheit ihrer mineralogischen Zusammensetzung, als von ihrer Porosität bzw. Gefügedichtigkeit ab.

188. Das spez. Gew. der gesteinsbildenden Mineralien schwankt zwischen folgenden Zahlenwerten:

| | | | |
|--------------------------|--------------|-----------------------|-------------|
| Quarz | 2,5 bis 2,65 | Gem. Hornblende | 3,0 bis 3,1 |
| Orthoklas | 2,5 „ 2,58 | Basalt. Hornblende | 3,1 „ 3,2 |
| Albit | 2,61 „ 2,64 | Nephelein | 2,58 „ 2,64 |
| Anorthit | 2,7 „ 2,8 | Leucit | 2,45 „ 2,5 |
| Mischfeldspate | 2,65 „ 2,72 | Olivin | 3,27 „ 3,37 |
| Kaliglimmer | 2,76 „ 3,1 | Granat | 3,8 „ 4,2 |
| Magnesiaglimmer | 2,8 „ 3,0 | Turmalin | 3,1 „ 3,2 |
| Chlorit | 2,6 „ 2,8 | Serpentin | 2,5 „ 2,7 |
| Talk | 2,7 „ 2,8 | Kaolin | 2,4 „ 2,6 |
| Gem. Augit | 3,29 „ 3,3 | Kalkspat | 2,6 „ 2,8 |
| Basalt. Augit | 3,3 „ 3,4 | Dolomitspat | 2,85 „ 2,95 |

189. In erheblich weiteren Grenzen als das spez. Gew. der Gesteinsteile variiert aber im allgemeinen das der betreffenden Gesteine, wie die nachfolgende Zusammenstellung zeigt:

| Gestein | Mittelwerte der Raumgewichte | Grenzwerte |
|-------------------------|---------------------------------|--------------|
| Granit | 2,65 | 2,3 bis 2,76 |
| Syenit | 2,8 | 2,5 „ 2,94 |
| Diorit | 2,81 | 2,52 „ 2,96 |
| Diabas | 2,81 | 2,53 „ 2,97 |
| Gabbro | 2,86 | 2,55 „ 2,98 |
| Felsitporphyr | 2,6 | 2,2 „ 2,74 |
| Porphyrit | 2,7 | 2,4 „ 2,86 |
| Trachyt | 2,7 | 2,3 „ 2,77 |
| Phonolith | 2,5 | 2,35 „ 2,65 |
| Basalt | 2,95 | 2,6 „ 3,30 |
| Kalkstein | 2,55 | 1,95 „ 2,8 |
| Dolomit | 2,8 | 2,1 „ 2,95 |
| Sandstein | 2,3 | 2,0 „ 2,65 |
| Trachyttuff | 1,80 | 1,6 „ 1,95 |

190. Da die maximalen Raumgewichte der einzelnen Gesteinsarten im allgemeinen den größten Dichtigkeitsgrad derselben bezeichnen, so

läßt sich aus der Differenz zwischen diesen Werten und den verschiedenen Raumgewichten näherungsweise auf den Porositätsgrad der betreffenden Gesteine schließen. Ein exaktes Resultat erhält man allerdings erst durch Vergleichung des Raumgewichts mit dem absoluten spez. Gewicht, welches letztere durch Wägung des Gesteinspulvers in Wasser bestimmt werden kann, s. Abs. 201 S. 109.

Die nachfolgende Tabelle enthält das aus dem Gesteinspulver bestimmte spezifische Gewicht, das Raumgewicht und den daraus berechneten Dichtigkeitsgrad verschiedener Gesteine.

Nach den „Mitteilungen a. d. Kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin“ 1898
(M. Gary).

| Fundort | Spez. Gew. des Gesteins pulvers s | Raum- gewicht des Gesteins r | Dichtig- keitsgrad $\frac{r}{s}$ |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| 191. Kalkstein | | | |
| Pentelikon (Marmor) | 2,714 | 2,699 | 0,994 |
| Synnada (Marmor) | 2,708 | 2,695 | 0,995 |
| Montois la Montagne (Dichter Kalkstein) | 2,715 | 1,945 | 0,716 |
| Riesenbeck (Mergelkalk) | 2,702 | 2,515 | 0,931 |
| Pogorzce (Muschelkalk) | 2,840 | 2,460 | 0,866 |
| Hausdorf (Mikrokrist. Kalkstein) . . . | 2,747 | 2,564 | 0,933 |
| Wutschenberg „ „ | 2,720 | 2,637 | 0,969 |
| Oberrohrn „ „ | 2,701 | 2,602 | 0,963 |
| Allendorf-Schwarzburg (Dolomit) . . . | 2,707 | 2,225 | 0,822 |
| Mutzig (Dolomit) | 2,708 | 2,682 | 0,990 |
| 192. Sandstein | | | |
| Altheim, Lothringen | 2,708 | 2,060 | 0,761 |
| Wingen-Münztal | 2,643 | 2,046 | 0,774 |
| Alsenborn, Pfalz | 2,635 | 2,142 | 0,813 |
| Wolfhagen, Hessen | 2,648 | 2,049 | 0,774 |
| Otterberg, Pfalz | 2,715 | 2,140 | 0,788 |
| Daufenbach, Eifel | 2,652 | 2,244 | 0,846 |
| Fels, Luxemburg | 2,676 | 2,277 | 0,851 |
| Stangenwald bei Appweiler | 2,638 | 2,085 | 0,790 |
| Wünschelberg, Heuscheuer | 2,593 | 2,112 | 0,812 |
| Vitzenburg, Thüringen | 2,609 | 2,019 | 0,774 |
| Abweiler, Elsaß | 2,633 | 2,085 | 0,792 |
| Felsburg, „ | 2,634 | 2,093 | 0,795 |
| Born, Luxemburg | 2,617 | 1,904 | 0,728 |
| Friedrichstein, Heuscheuer | 2,645 | 2,314 | 0,875 |
| Osterwald, Hannover | 2,654 | 2,191 | 0,826 |

| Fundort | Spez. Gew. des Gesteins- pulvers s | Raum- gewicht des Gesteins r | Dichtig- keitsgrad $\frac{r}{s}$ |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| Horst, Westfalen | 2,664 | 2,552 | 0,958 |
| Velpke, Prov. Sachsen | 2,633 | 2,270 | 0,862 |
| Piesberg, Hannover | 2,671 | 2,600 | 0,973 |
| Hellstein, Hessen-N. | 2,658 | 2,476 | 0,933 |
| 193. Grauwacke | | | |
| Bevertal | 2,693 | 2,580 | 0,958 |
| Saalscheid | 2,692 | 2,681 | 0,996 |
| 194. Basalt | | | |
| Bilstein, Hessen-N. | 2,959 | 2,957 | 0,999 |
| Watzenhahn bei Limburg a. L. | 2,961 | 2,942 | 0,994 |
| Dollendorfer Hardt, Rheinland | 3,019 | 2,985 | 0,989 |
| Hoheberg bei Orb | 2,934 | 2,929 | 0,998 |
| Sproitz, Ob.-Lausitz | 3,081 | 3,034 | 0,985 |
| Debus, Böhmen | 3,075 | 3,060 | 0,995 |
| Pohlwitz, Schlesien | 3,024 | 2,986 | 0,987 |
| Koiskau, „ | 3,087 | 2,998 | 0,971 |
| 195. Phonolith | | | |
| Oberrotweil, Kaiserstuhl | 2,543 | 2,444 | 0,961 |
| Rotweil „ | 2,575 | 2,520 | 0,979 |
| Rupsrot bei Milseburg | 2,567 | 2,537 | 0,988 |
| Milseburg i. d. Rhön | 2,549 | 2,517 | 0,987 |
| Steinbach „ | 2,563 | 2,526 | 0,986 |
| 196. Porphy | | | |
| Schmalwassergrund in Thüringen | 2,595 | 2,193 | 0,845 |
| „ „ „ | 2,586 | 2,326 | 0,899 |
| Reinsdorf, Prov. Sachsen | 2,622 | 2,591 | 0,988 |
| Spielberg, Sachsen | 2,630 | 2,620 | 0,996 |
| Röcknitz, „ | 2,621 | 2,572 | 0,981 |
| Bentengrund, Schlesien | 2,589 | 2,552 | 0,986 |
| Weinheim i. B. | 2,656 | 2,477 | 0,933 |
| 197. Granit | | | |
| Kleine Schmücke (Porphyrisch u. nicht mehr frisch) | 2,617 | 2,262 | 0,864 |
| Carlshamn, Schweden | 2,633 | 2,503 | 0,954 |
| Schlesien (Fundort?) | 2,638 | 2,619 | 0,993 |
| Lysekil, Schweden | 2,628 | 2,612 | 0,994 |
| Søndre Kinnertangen, Norwegen | 2,603 | 2,588 | 0,994 |
| Carlskrona, Schweden | 2,685 | 2,671 | 0,995 |

| Fundort | Spez. Gew. des Gesteins- pulvers | Raum- gewicht des Gesteins | Dichtig- keitsgrad |
|-----------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| | s | r | $\frac{r}{s}$ |
| Reichenstein, Schlesien | 2,639 | 2,633 | 0,998 |
| Schlesien (Fundort?) | 2,622 | 2,591 | 0,988 |
| Drammen, Norwegen | 2,582 | 2,563 | 0,993 |
| Sachsen (Fundort?) | 2,662 | 2,649 | 0,995 |
| „ „ | 2,683 | 2,636 | 0,982 |

198. Ausführungsmethoden. Man kann das Raumgewicht der Gesteine auf verschiedene Weise feststellen.

Die einfachste und für den praktischen Gebrauch zweckmäßigste Methode ist die Auswägung von Probekörpern bestimmter Größe. Mit Vorteil lassen sich hierzu die für die Druckfestigkeitsprüfung mittels des Diamantschneidegatters hergestellten Gesteinswürfel verwenden, welche regelmäßig genug sind, um eine genaue Ausmessung mittels der Mikrometer-Schublehre zu gestatten¹⁾. Diese Probekörper werden bei 50° C. getrocknet und, nach dem Erkalten im Exsikkator, ausgewogen. Wird die Gewichtsbestimmung an einer Anzahl solcher Würfel wiederholt, so ergibt sich ein Durchschnittswert von hinreichender Genauigkeit.

Bezeichnet V den Inhalt des Probewürfels in ccm und G sein Gewicht in g, so ist das Raumgewicht

$$G_r = \frac{G}{V}$$

199. Die Feststellung des Raumgewichts an unregelmäßig geschlagenen Proben geschieht nach der von Tetmajer angegebenen Methode. Ein Gesteinsstück von etwa 15 bis 20 ccm wird bei 50° C. getrocknet, mit einer scharfen Bürste von anhaftenden Partikeln befreit und nach dem Erkalten gewogen. Alsdann wird dasselbe durch wiederholtes, rasches Eintauchen in geschmolzenes Paraffin mit einer 1 bis 2 mm dicken Paraffinschicht umhüllt, wobei etwa eingeschlossene Luftbläschen mittels eines heißen Eisendrahtes zu entfernen sind²⁾. Der vom Paraffin umhüllte, auf Lufttemperatur abgekühlte Probekörper wird abermals gewogen und das Paraffingewicht G_p aus der Differenz

¹⁾ Gesteinswürfel von 6 cm Kantenlänge haben ein Höchstgewicht von $6 \times 6 \times 6 \times 3,3 = 712,8$ g. Zum Auswägen derselben bedarf es daher einer empfindlichen Wage von mindestens 800 g Tragfähigkeit.

²⁾ Es empfiehlt sich, den Probekörper vor dem Eintauchen auf 54° C., den Erstarrungspunkt des Paraffins, zu erwärmen.

bestimmt. Da das spez. Gew. des Paraffins bei gewöhnlicher Temperatur (ca. 15° C.) 0,93 ist, so ergibt sich das Volum der Paraffinhüllung

$$V_p = \frac{G_p}{0,93}$$

Nunmehr wird das Gesamtvolumen V_g der Probe mit ihrer Umhüllung ermittelt. Hierzu benutzt Tetmajer¹⁾ das in Fig. 51 abgebildete Volumometer. Dasselbe besteht aus einer in $\frac{1}{10}$ ccm geteilten

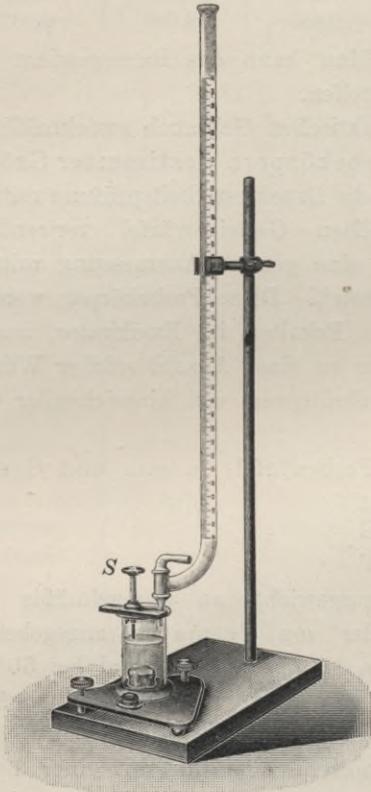


Fig. 51.

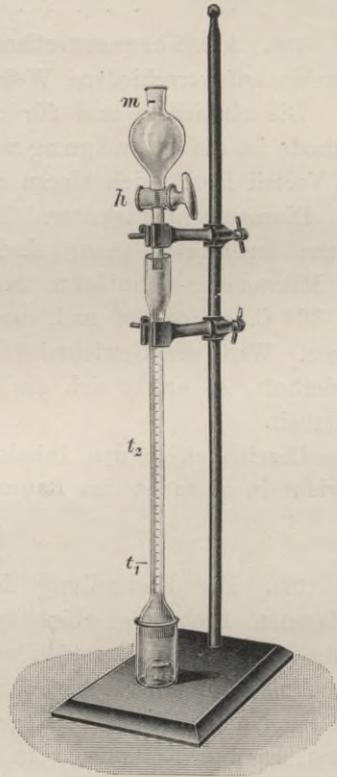


Fig. 52.

Bürette und einem kleinen Meßzylinder, dessen oberer Rand abgeschliffen ist, und dessen Inhalt bis zu der mittels einer Schraube *S* einstellbaren feinen Nadelspitze genau bestimmt ist. Die Gesteinsprobe wird in den Zylinder gelegt, und man läßt nunmehr aus der Bürette so lange und

¹⁾ Tetmajer: Methoden und Resultate der Prüfung künstlicher und natürlicher Bausteine, Zürich 1900.

schließlich tropfenweise Wasser zufießen, bis das Wasserniveau die Nadelspitze erreicht. Beobachtet man das Spiegelbild der Nadel im Wasser, so läßt sich der Moment der Berührung recht genau bestimmen¹⁾.

Aus der Differenz des Meßzylinder-Volumens und der verbrauchten Wassermenge ergibt sich das Volumen der Probe. Dasselbe ist, abzüglich der Paraffinhüllung,

$$V = V_g - V_p,$$

demnach das gesuchte Raumgewicht der Probe

$$G_r = \frac{G}{V} = \frac{G}{V_g - V_p}.$$

An Stelle des oben beschriebenen Volumometers kann man sich auch des in Fig. 52 abgebildeten bedienen. Das obere birnenförmige Gefäß wird bis zur Marke *m* mit Wasser gefüllt, dasselbe alsdann mittels des Hahnes *h* in die Meßröhre gelassen und der Stand bei *t*₁ ein für allemal bestimmt. Man legt nunmehr die Gesteinsprobe in das untere kleine Gefäß, füllt die Birne wiederum bis zur Marke *m* mit Wasser und läßt abfließen. Die Differenz *t*₂—*t*₁ im Meßrohr ergibt das Volumen der Probe. Um zu verhüten, daß Wassertropfen an den Wandungen der Glasgefäße haften bleiben, müssen diese gut gereinigt werden. Man läßt deshalb etwas konzentrierte Salzsäure durchfließen, spült mit Wasser und darauf mit Alkohol und Äther nach.

200. Porositätskoeffizient. Die Bestimmung des Gesamtvolumens der Poren eines Gesteins beruht auf der Vergleichung des spez. Gew. des Gesteinspulvers mit dem eines größeren Gesteinsstückes.

Ist γ das spez. Gew. des Gesteinspulvers, δ das Raumgewicht des porösen Gesteins, so berechnet sich das Volumen der Poren in Prozenten des Gesamtvolumens, oder der sog. Porositätskoeffizient *P* aus der Gleichung:

$$P = \frac{(\gamma - \delta) 100}{\gamma}$$

201. Zur spezifischen Gewichtsbestimmung des Gesteinspulvers bedient man sich des Pyknometers (Fig. 53). Etwa 20 g des zu untersuchenden Gesteins werden im Mörser zerkleinert und in der

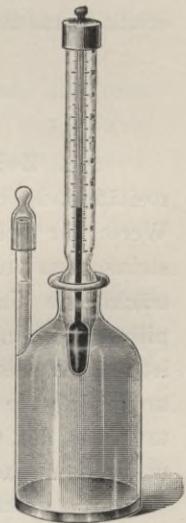


Fig. 53.

¹⁾ Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, die Nadel mit etwas Talg einzufetten. Dieselbe wird alsdann vom Wasser nicht benetzt, und es bildet sich im Moment der Berührung unterhalb der Spitze eine kleine trichterförmige Vertiefung an der Wasseroberfläche. Kontrollversuche zur Bestimmung der Genauigkeit der Einstellung ergaben eine Ablesungsdifferenz von kaum $\frac{1}{20}$ ccm.

Achatschale zu gröblichem Pulver zerrieben, hierauf bei 60° C. getrocknet und ausgewogen¹⁾. Alsdann ist das Gewicht des leeren und des mit destilliertem, luftfreiem Wasser gefüllten Pyknometers zu bestimmen und aus der Differenz das Wassergewicht festzustellen. Hierauf wird das Fläschchen etwa bis zur Hälfte entleert und das ausgewogene Gesteinspulver hineingegeben. Die vollkommene Entfernung etwa anhaftender Luftblasen und eine schnelle Wasserdurchtränkung des Pulvers bewirkt man am besten unter dem Rezipienten einer Luftpumpe oder, indem man das Fläschchen durch einen Gummischlauch direkt mit einer Wasserstrahlpumpe verbindet. Wenn keine Luftblasen mehr entweichen, wird mit Wasser aufgefüllt, das Thermometer eingesetzt und wiederum ausgewogen. Ist G_s das Gewicht des Pulvers, G_w das Vollgewicht des Wassers und G das Gewicht des Pulvers + Wasser im Pyknometer, so ergibt sich das spezifische Gewicht des Gesteinspulvers, also auch der porenfreien Gesteinssubstanz

$$\gamma = \frac{G_s}{G_w + G_s - G}$$

Setzt man diesen Wert für γ in die obige Gleichung ein, so erhält man den Porositätskoeffizienten P .

B. Bestimmung der Wasseraufsaugung.

202. Zwischen der Wasseraufnahme der Gesteine und ihrem Porositätsgrade besteht kein konstantes Verhältnis, vielmehr werden die Werte für beide Eigenschaften nahezu übereinstimmen, wenn die Gesteinsporen vollkommen miteinander zusammenhängen, dagegen sehr beträchtliche Unterschiede aufweisen bei isolierten oder nur durch Kapillare verbundenen Poren. Aber auch für ein und dasselbe Gestein ist die Wasseraufsaugung bei veränderten äußeren Bedingungen eine ungleiche; sie wird namentlich beeinflusst von der Schnelligkeit des Eintauchens der Gesteinsproben in Wasser, wie andererseits von dem Druck, unter dem das Wasser in das Gestein eindringt.

203. Da die unter verschiedenen Bedingungen sich ergebenden abweichenden Werte der Wasseraufnahme einen Anhalt für die Beurteilung der morphologischen Ausbildung der Poren und die Art

¹⁾ Die verschiedenen Gesteinsgemengteile erhalten beim Zerkleinern in der Regel eine verschiedene Korngröße, wodurch leicht eine ungleichmäßige Mischung des Pulvers entsteht. Es ist deshalb erforderlich, die Gesamtmenge der zerkleinerten Probe zu dem Versuch zu verwenden, damit das Verhältnis der Mineralgemengteile nicht verändert wird.

ihres Zusammenhanges gewähren, diese Verhältnisse aber die Frostbeständigkeit der Gesteine sehr erheblich zu beeinflussen vermögen (s. Kap. Frostprüfung), so ist es von Wichtigkeit, die Wasseraufsaugungsbestimmungen in der nachstehenden Weise zu spezialisieren.

1. Bestimmung der vom Gestein aufgenommenen Wassermenge bei schnellem Eintauchen der Probe.

204. Man verwendet hierzu, je nach der größeren oder geringeren Gleichmäßigkeit des Gesteins eine entsprechende Anzahl flach parallel-epipedisch geschlagener oder mit der Maschine geschnittener Probestücke von etwa 30 g bei sehr dichten Gesteinen (Granit, Basalt, kristallinischem Kalk usw.) und von etwa 70 g bei porösen Gesteinen (Sandstein, Tuffstein, Schiefer usw.)¹⁾.

Bei mürben Gesteinen und solchen, welche im Wasser stark erweichen, empfiehlt es sich, die Oberfläche und namentlich die Ecken und Kanten mit einer harten Bürste abzureiben, um ein späteres Absanden des Gesteins im Wasser zu vermeiden.

Die Proben werden nunmehr bei 50° C. 3 Stunden lang im Trockenschrank erwärmt²⁾ und, nach dem Erkalten im Exsikkator, ausgewogen.

Hierauf taucht man die Probestücke in destilliertes, luftfreies Wasser, das sie vollständig bedecken muß, und läßt sie so lange darin liegen, bis sie ein konstantes Gewicht zeigen, was bei porösen Sandsteinen schon nach wenigen Stunden, bei dichten Kalksteinen, Marmorarten usw. oft erst nach mehreren Tagen der Fall zu sein pflegt. Man benutzt hierzu den in Abs. 205 beschriebenen Zellenkasten.

Vor der Auswägung der wassergesättigten Probe betupft man dieselbe, um die anhängenden Wassertropfen zu entfernen, mit einem feinporigen Schwamm, der selbst ein wenig angefeuchtet ist, damit er kein Wasser aus dem Gestein herausaugt. Das Probestück muß hiernach eine schwach feuchte Oberfläche zeigen.

Wegen der Ungleichmäßigkeit des Abtrocknens bei den verschiedenen Proben werden diese Bestimmungen mit einem gewissen Fehler behaftet sein. Um die Größe desselben festzustellen, wurden folgende Kontrollversuche ausgeführt.

¹⁾ Es ist zweckmäßig, für diese Versuche, statt eines größeren Probestücks mehrere kleinere der angegebenen Abmessung zu verwenden. Auf diese Weise gelingt es sicherer und in kürzerer Zeit, das Maximum der Sättigung zu erreichen, und man erhält auch zutreffendere Durchschnittsergebnisse, indem man die Probestücke von verschiedenen Stellen des Gesteins entnimmt.

²⁾ Ein stärkeres Erhitzen ist wegen der damit verbundenen Strukturveränderung der Gesteine nicht zulässig.

1. Stark poröser Sandstein. Gewicht der trockenen Probe 80,75 g. Oberfläche der Probe etwa 69 qcm.

Gewichtsbestimmung des aufgenommenen Wassers:

- | | | |
|----|---------------------------------------|------------------|
| a) | bei mäßigem Abtrocknen der Oberfläche | 8,25 g = 10,21 % |
| b) | „ starkem „ „ „ | 8,18 g = 10,01 % |
| | | Differenz 0,2 % |

2. Dichter, feinkörniger Tonsandstein. Gewicht der trockenen Probe 62,32 g. Oberfläche der Probe etwa 61 qcm.

Gewichtsbestimmung des aufgenommenen Wassers:

- | | | |
|----|---------------------------------------|------------------|
| a) | bei mäßigem Abtrocknen der Oberfläche | 4,31 g = 6,93 % |
| b) | „ starkem „ „ „ | 4,26 g = 6,85 % |
| | | Differenz 0,08 % |

Da hiernach der Unterschied des Wassergewichtes trotz der absichtlich ungleichen Behandlung der Proben nur gering ist, so wird der Fehler bei tunlichst gleichmäßigem Verfahren füglich vernachlässigt werden dürfen.

2. Bestimmung der vom Gestein aufgenommenen Wassermenge bei langsamem Eintauchen der Probe.

205. Zur Ausführung bedient man sich des in Fig. 54 abgebildeten einfachen Apparates. Derselbe besteht aus einem schmalen

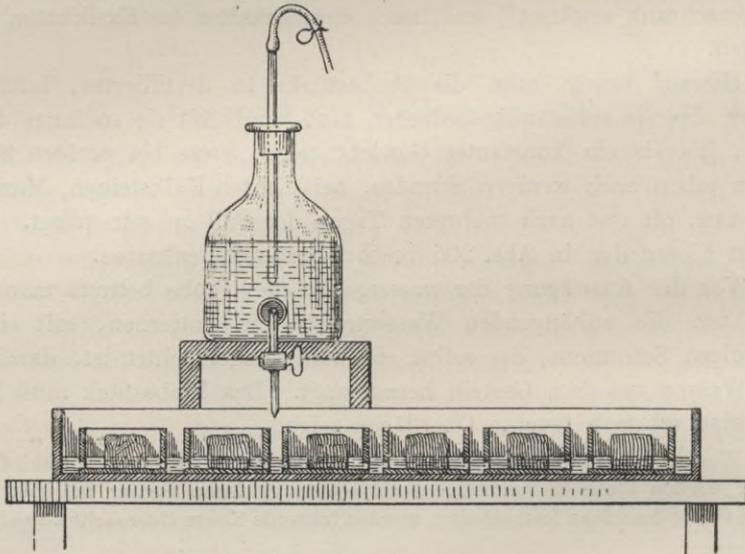


Fig. 54.

Trog von verzinnemtem Messingblech, welcher eine größere Anzahl aus demselben Material gefertigter, lose hineingestellter Kästchen enthält, die unten an den Wänden durchlocht sind, damit das aus der tubulierten Flasche in den Trog eintropfelnde Wasser sich gleichmäßig in

den Kästchen verteilen kann. Jedes dieser Kästchen dient nur für ein Probestück, so daß von weicheren Gesteinen etwa abbröckelnde Partikel aufgesammelt und von dem Gewicht der Probe in Abzug gebracht werden können. Der Wasserzufluß wird durch den Hahn der Flasche so reguliert, daß die Probestücke nach 4 Stunden vom Wasser bedeckt sind. Alsdann wird reichlich Wasser aufgefüllt, und es verbleiben die Gesteinsproben wiederum bis zur Erlangung eines konstanten Gewichtes unter Wasser. Im übrigen ist die Manipulation beim Auswägen usw., wie vorhin unter 204 angegeben.

3. Bestimmung der vom Gestein im Vakuum aufgenommenen Wassermenge.

206. Für den vorliegenden Zweck erweisen sich die Wasser-Luft-pumpen, mit denen man eine Verdünnung von 20 mm Quecksilberdruck hervorbringen kann, im allgemeinen als ausreichend; nur für sehr

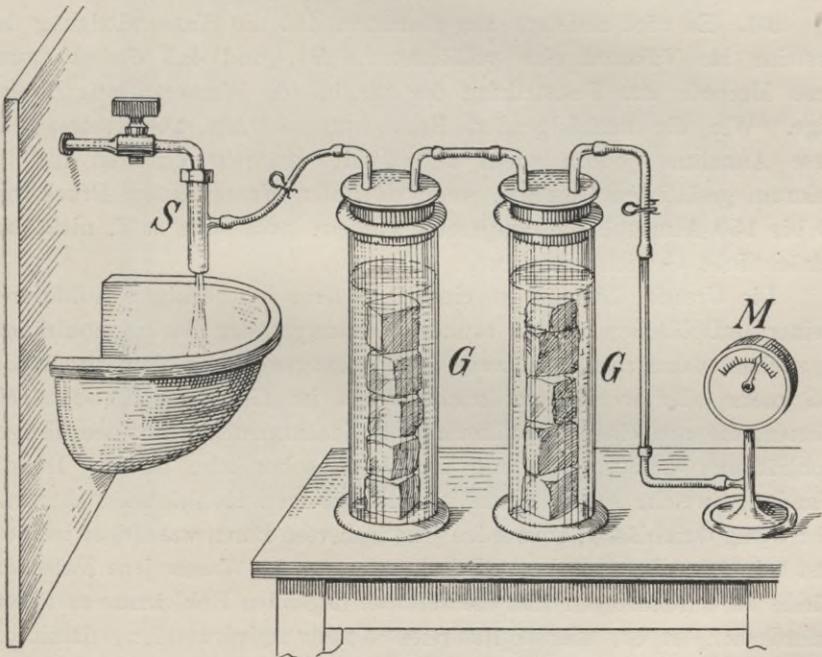


Fig. 55.

dichte Gesteine empfiehlt sich die Anwendung einer Quecksilber-Luft-pumpe. Die Anordnung eines geeigneten Apparates ist aus Fig. 55 ersichtlich.

An die Wasserstrahlpumpe *S* werden zwei oder mehrere Glaszylinder *G* angeschlossen und diese mit einem Manometer *M* verbunden. Zum Verschuß der Zylinder verwendet man Kautschukpfropfen.

Die Gesteinswürfel verbleiben so lange in den evakuierten Zylindern, als noch Luftblasen aufsteigen. Da das Wasser in dem luftverdünnten Raum zum Sieden gelangt und die Wasserdampfblasen sich meist von der rauhen Oberfläche der Probestücke aus entwickeln, so ist es schwer, das Ende des Prozesses mit Sicherheit zu bestimmen. Versuche mit verschiedenartigen Gesteinsproben von etwa 30 cm Größe haben ergeben, daß ein konstantes Gewicht bereits nach längstens dreistündiger Evakuierung eintritt. Man läßt alsdann die Luft zuströmen und die Proben noch 2 Stunden unter Wasser stehen. Das Auswägen geschieht, wie unter 1. angegeben wurde.

4. Die Feststellung der vom Gestein bei hohem Druck aufgenommenen Wassermenge und die Bestimmung des Sättigungskoeffizienten.

207. Es wird meistens angenommen, daß die Wassersättigung der Gesteine im Vakuum eine vollkommene ist, und daß deshalb auch diese Methode zur Feststellung der maximalen Wasseraufsaugung genüge. Wie die nachfolgenden Beobachtungen (Abs. 208) zeigen, ist diese Annahme jedoch nicht zutreffend, vielmehr erfahren die im Vakuum gesättigten Gesteine, wenn sie unter Wasser einem Druck von 50 bis 150 Atmosphären ausgesetzt werden, noch eine z. T. nicht unbedeutende Gewichtszunahme.

Die Ursache hiervon ist einmal in dem hartnäckigen Adhärenieren kleiner Luftbläschen an den rauhen Wandungen der Gesteinshohlräume zu suchen, dann aber, und zwar wohl vorzugsweise, in dem Umstande, daß mehr oder weniger zahlreiche Poren im Gestein vorhanden sein können, die nur einen unvollkommenen Zusammenhang mit den übrigen Hohlräumen und sonach mit der Gesteinsoberfläche haben. Ist die Wandung, welche solche Poren von den übrigen Hohlräumen abtrennt, sehr wenig durchlässig, so werden jene isolierten Poren wasserleer bleiben. Erst bei Anwendung stärkeren Druckes vermag das Wasser jene Zwischenwände zu durchdringen und die dahinter liegenden Hohlräume zu füllen. Erforderlich ist es, hierbei luftfreies Wasser zu verwenden, damit die in den Poren eingeschlossene Luft von dem eindringenden Wasser leicht absorbiert wird.

Zur Ausführung dieser Prüfung dient der in Fig. 56 abgebildete Apparat. Derselbe besteht aus dem gußstählernen Preßzylinder *a*, der Kompressionspumpe *f* und dem Druckmanometer *c*. Zum leichteren Ein-

legen und Herausnehmen der Gesteinsproben enthält der Preßzylinder einen gläsernen Einsatz, der zugleich den Zweck hat, etwa abgebröckelte Gesteinspartikel behufs Auswägung anzusammeln. Zum Verschluß dient ein mittels Druckschraube angepreßter, gut eingeschliffener Deckel aus Phosphorbronze. Als Dichtungsmaterial verwendet man eine Scheibe aus dickem Pergament.

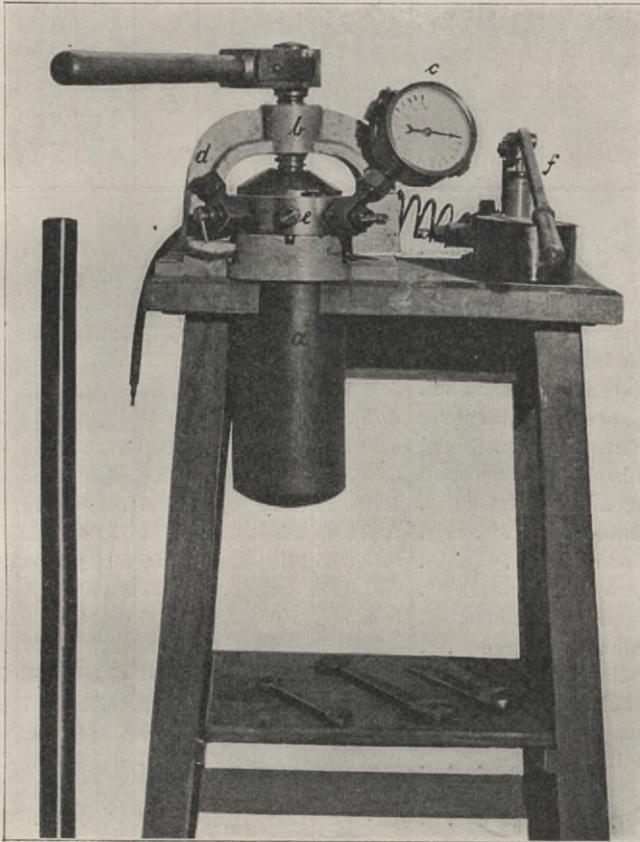


Fig. 56.

Mittels der Druckpumpe *f* wird der Zylinder nunmehr vollends, und, je nach der Dichtigkeit des Gesteins, bis zu einem Druck von 50 bis 150 Atm. mit Wasser gefüllt. Das Maß der Kompression wird an dem Manometer *c* bestimmt. Alsdann schließt man die Verbindung mit der Pumpe ab und läßt die Proben 24 Stunden unter Druck stehen. Das Auswägen geschieht wie bei 204.

208. Beispiele für die Wasseraufnahme der Gesteine unter verschiedenen äußeren Bedingungen.

| Fundort des Gesteins | Wasseraufnahme in Gewichtsprozenten des Gesteins | | | | Quotient $\frac{w_2}{w_c} = S^1)$ | Wasseraufnahme in % des Ge- samtvolumens der Gesteins- poren ²⁾ | | | Relativer Porositäts- koeffizient P ²⁾ |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|
| | bei schnellem Ein- tauchen der Probe w ₁ | bei langsamem Ein- tauchen der Probe w ₂ | im Vakuum w _v | bei 50–150 Atm. Druck w _c | | bei schnellem Ein- tauchen der Probe W ₁ | bei langsamem Ein- tauchen der Probe W ₂ | im Vakuum W _v | |
| 1. Sandstein | | | | | | | | | |
| 1. Mürlenbach (Rheinprovinz) . | 4,89 | 5,66 | 7,89 | 9,23 | 0,613 | 52,97 | 61,30 | 85,46 | 20,16 |
| 2. Pfälzeler Wald bei Trier . | 6,95 | 7,18 | 11,33 | 11,40 | 0,630 | 60,95 | 62,99 | 99,36 | 23,09 |
| 3. Steinkaute bei Saalmünster . | 4,77 | 4,99 | 5,29 | 6,21 | 0,804 | 76,85 | 80,36 | 85,22 | 14,11 |
| 4. Sandershausen in H.-Nassau | 3,76 | 4,00 | 4,19 | 5,18 | 0,772 | 72,55 | 77,20 | 80,99 | 12,17 |
| 5. Neukirch in Schlesien . . | 5,57 | 5,89 | 9,48 | 10,25 | 0,575 | 54,41 | 57,56 | 92,57 | 20,80 |
| 6. Dammelsberg in H.-Nassau . | 5,61 | 5,64 | 10,38 | 10,56 | 0,534 | 53,16 | 53,48 | 98,31 | 21,84 |
| 7. Röllinghausen in Hannover | 6,75 | 7,22 | 10,54 | 10,81 | 0,668 | 62,46 | 66,80 | 97,47 | 22,35 |
| 8. A. d. Lehne bei Frankenber | 6,90 | 7,33 | 10,80 | 11,31 | 0,648 | 61,06 | 64,88 | 95,48 | 23,14 |
| 9. Bleichenbach i. H.-Darmstadt | 5,54 | 5,84 | 9,13 | 9,33 | 0,626 | 59,43 | 62,66 | 97,93 | 19,75 |
| 10. Gerstungen in H.-Nassau . | 4,92 | 5,02 | 5,75 | 6,67 | 0,753 | 73,25 | 74,78 | 85,55 | 15,04 |
| 11. Stadtoldendorf | 2,95 | 3,36 | 3,37 | 4,13 | 0,814 | 71,33 | 81,22 | 81,49 | 10,03 |
| 12. Obernkirchen | 5,72 | 6,35 | 11,14 | 11,45 | 0,555 | 50,02 | 55,54 | 97,33 | 23,26 |
| 13. Lüstringen in Hannover . | 4,01 | 4,25 | 4,42 | 4,96 | 0,857 | 81,00 | 85,81 | 89,17 | 11,62 |
| 14. Altenhagen in Hannover . | 5,62 | 5,63 | 9,04 | 9,30 | 0,605 | 60,44 | 60,49 | 97,17 | 19,77 |
| 15. Lutter am Barenberge . . | 4,72 | 5,75 | 9,98 | 10,10 | 0,569 | 46,79 | 56,97 | 98,80 | 21,14 |
| 16. Elze in Hannover | 4,50 | 4,70 | 9,09 | 9,46 | 0,497 | 47,58 | 49,73 | 96,10 | 20,05 |
| 17. Kattenbühl in Hannover . | 1,69 | 1,92 | 2,25 | 3,68 | 0,522 | 45,93 | 52,21 | 61,14 | 8,81 |
| 18. Hockenau in Schlesien . . | 5,05 | 5,17 | 9,42 | 9,47 | 0,546 | 53,34 | 54,62 | 99,49 | 19,60 |
| 19. Grüssau in Schlesien . . . | 2,48 | 2,49 | 2,61 | 2,75 | 0,905 | 90,13 | 90,57 | 95,10 | 6,77 |
| 20. Soest (Umgegend) | 4,13 | 5,23 | 5,52 | 5,85 | 0,894 | 70,59 | 89,47 | 94,43 | 13,87 |
| 21. Löwenberg in Schlesien . . | 7,76 | 7,81 | 12,58 | 12,85 | 0,608 | 60,50 | 60,86 | 97,92 | 25,38 |
| 22. Alt-Warthau in Schlesien (Domänenbruch) | 7,07 | 7,24 | 12,02 | 12,54 | 0,577 | 56,46 | 57,80 | 95,80 | 24,93 |
| 23. Desgl. (Zeidler & Wimmel) . | 6,99 | 7,01 | 11,99 | 12,10 | 0,579 | 57,78 | 57,95 | 99,12 | 24,23 |

¹⁾ Der Quotient $\frac{w_2}{w_c} = S$, der angibt, welcher Raumteil der Poren von dem aufgenommenen Wasser erfüllt wird, heißt der „Sättigungskoeffizient“. Derselbe ist von maßgebender Bedeutung für die Frostbeständigkeit der Gesteine (s. Frostprüfung).

²⁾ Es kommen hierbei lediglich die dem Wasser zugänglichen Gesteinsporen in Betracht.

| Fundort des Gesteins | Wasseraufnahme in Gewichtsprozenten des Gesteins | | | | Quotient $\frac{W_2}{W_C} = S$ | Wasseraufnahme in % des Ge- samtvolumens der Gesteins- poren | | | Relativer Porositäts- koeffizient P_2 |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| | bei schnellem Ein- tauchen der Probe W_1 | bei langsamem Ein- tauchen der Probe W_2 | im Vakuum W_V | bei 50—150 Atm. Druck W_C | | bei schnellem Ein- tauchen der Probe W_1 | bei langsamem Ein- tauchen der Probe W_2 | im Vakuum W_V | |
| 2. Kalkstein | | | | | | | | | |
| 24. Kauffungen i. Schl. (Marmor) | 0,35 | 0,49 | 0,55 | 0,59 | 0,831 | 59,47 | 84,27 | 94,67 | 1,57 |
| 25. Laas in Tyrol (Marmor) . . . | 0,38 | 0,74 | 0,82 | 0,92 | 0,804 | 41,60 | 81,37 | 90,01 | 2,43 |
| 26. Limburg | 0,66 | 0,85 | 0,89 | 0,90 | 0,944 | 72,99 | 92,29 | 99,30 | 2,51 |
| 27. Beckum in Westfalen | 0,26 | 0,40 | 0,50 | 0,74 | 0,541 | 36,24 | 54,59 | 67,89 | 1,98 |
| 28. Rittershausen (Rheinprovinz) | 0,20 | 0,39 | 0,58 | 0,58 | 0,672 | 35,00 | 67,78 | 100,00 | 1,59 |
| 29. Kammerforstberg in Sachsen | 2,20 | 2,41 | 3,71 | 4,58 | 0,526 | 48,15 | 54,03 | 81,10 | 11,50 |
| 30. Harlyberg in Hannover | 1,93 | 2,08 | 2,43 | 3,26 | 0,638 | 59,17 | 63,96 | 74,48 | 8,11 |
| 31. Hottensen in Hannover | 7,51 | 7,88 | 19,08 | 21,19 | 0,372 | 35,46 | 37,20 | 90,04 | 36,47 |
| 32. Sülfeld in Hannover | 5,76 | 6,00 | 7,18 | 8,22 | 0,730 | 70,07 | 73,05 | 87,36 | 18,18 |
| 33. Rüdersdorf | 2,81 | 3,43 | 4,38 | 11,43 | 0,300 | 24,63 | 30,08 | 38,35 | 21,86 |
| 34. Desgl. andere Lage | 4,79 | 5,39 | 8,90 | 10,70 | 0,504 | 44,77 | 50,41 | 83,20 | — |
| 3. Dachschiefer | | | | | | | | | |
| 35. Nordenau in Westfalen | 0,52 | 0,58 | 0,86 | 0,86 | 0,674 | 60,35 | 67,50 | 100,00 | 2,33 |
| 36. Clotten a. d. Mosel | 0,67 | 0,67 | 0,72 | 0,72 | 0,931 | 90,00 | 90,00 | 100,00 | 1,98 |
| 37. Simmerath (Rheinland) | 0,92 | 0,98 | 1,18 | 1,41 | 0,695 | 65,00 | 69,58 | 83,33 | 3,81 |
| 38. Caub am Rhein | 0,51 | 0,55 | 0,70 | 0,70 | 0,786 | 72,92 | 79,16 | 100,00 | 1,91 |
| 39. Ruppachtal bei Diez | 1,04 | 1,10 | 1,80 | 2,16 | 0,509 | 48,19 | 51,11 | 83,33 | 5,66 |
| 40. Silbach in Westfalen | 0,99 | 1,01 | 1,01 | 1,13 | 0,894 | 88,37 | 89,53 | 89,53 | 3,04 |
| 4. Vulkanische Tuffe | | | | | | | | | |
| 41. Weibern (Rheinland) | 22,11 | 23,41 | 30,25 | 33,75 | 0,694 | 65,51 | 69,37 | 89,64 | 45,14 |
| 42. Brohltal (Rheinland) | 13,48 | 13,48 | 15,00 | 15,54 | 0,867 | 86,71 | 86,71 | 96,52 | 29,35 |
| 43. Wolsdorf (Rheinland) | 11,07 | 11,74 | 14,81 | 16,78 | 0,700 | 65,97 | 69,99 | 88,25 | 28,81 |
| 44. Homberg, Umgegend | 9,00 | 9,20 | 11,39 | 12,29 | 0,749 | 73,23 | 74,83 | 92,70 | 24,74 |
| 5. Basalt | | | | | | | | | |
| 45. Helle Warte bei Fritzlar | 0,30 | 0,33 | 0,51 | 0,51 | 0,647 | 58,24 | 64,71 | 100,00 | 1,52 |
| 46. Naumburg in H.-Nassau | 1,07 | 1,07 | 1,17 | 1,17 | 0,915 | 91,14 | 91,43 | 100,00 | 3,37 |
| 47. Siebengebirge | 0,27 | 0,27 | 0,39 | 0,39 | 0,693 | 68,46 | 68,46 | 100,00 | 1,14 |
| 6. Porphy | | | | | | | | | |
| 48. Burgberg bei Ilfeld | 2,28 | 2,90 | 3,44 | 3,90 | 0,744 | 61,76 | 78,46 | 90,23 | 9,15 |
| 49. Nahetal | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,40 | 0,886 | 88,75 | 88,75 | 88,75 | 3,48 |
| 40. Galgenberg bei Halle | 1,43 | 1,67 | 1,72 | 1,95 | 0,856 | 73,10 | 85,51 | 88,27 | 4,89 |

| Fundort des Gesteins | Wasseraufnahme in Gewichtsprozenten des Gesteins | | | | Quotient $\frac{W_2}{W_0} = S$ | Wasseraufnahme in % des Gesamt- volumens der Gesteins- poren | | | Relativer Porositäts- koeffizient P |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------|
| | bei schnellem Ein- tauchen der Probe w_1 | bei langsamem Ein- tauchen der Probe w_2 | im Vakuum w_v | bei 50–150 Atm. Druck w_c | | bei schnellem Ein- tauchen der Probe W_1 | bei langsamem Ein- tauchen der Probe W_2 | im Vakuum W_v | |
| 7. Granit | | | | | | | | | |
| 51. Strehlen in Schlesien . . . | 0,74 | 0,74 | 0,98 | 1,31 | 0,565 | 56,46 | 56,46 | 74,53 | 3,34 |
| 52. Desgl. von älterem Bauwerk | 2,65 | 2,91 | 3,88 | 3,88 | 0,750 | 68,44 | 75,06 | 100,00 | 9,32 |
| 53. Jannowitz | 0,40 | 0,57 | 0,66 | 0,84 | 0,680 | 47,89 | 68,00 | 78,27 | 2,17 |
| 54. Trusental bei Herges-Vogtei | 0,28 | 0,59 | 0,59 | 0,69 | 0,855 | 41,79 | 85,58 | 85,58 | 1,82 |
| 55. Am Zobten | 0,51 | 0,91 | 1,07 | 1,25 | 0,728 | 41,20 | 57,71 | 85,54 | 3,20 |

C. Feststellung der Wasserverteilung in geschichteten Gesteinen und Bestimmung des Verteilungskoeffizienten V.

209. Diese Untersuchungen sind von Wichtigkeit für die Beurteilung der Frostbeständigkeit der Gesteine (s. Frostprüfung). Im allgemeinen darf man annehmen, daß die Parallelstruktur auch eine schichtenförmige Anordnung der Gesteinsporen und eine dementsprechende Verteilung des aufgenommenen Wassers bedingt.

Aber nicht in allen Fällen erweist sich diese Annahme zutreffend, und andererseits findet man namentlich unter den bankförmig ausgebildeten Felsarten auch solche, welche ohne wahrnehmbare Parallelstruktur eine erhebliche Ungleichheit der Porenverteilung parallel und rechtwinklig zur Lagerfläche aufweisen.

Um deshalb, unabhängig von der äußeren Erscheinungsweise des Gesteins, einen Anhalt für die Beurteilung der durch die Porenanordnung bedingten Wasserverteilung zu gewinnen, kann man sich der folgenden Methode bedienen.

Von dem zu untersuchenden Gestein werden eine Anzahl gleich großer prismatischer Stücke von je $5 \times 4 \times 4$ cm so geschnitten, daß eine der Längsflächen der Schichtung bzw. der Lagerfläche des Gesteins gleichgerichtet ist. Diese Probestücke werden nach Bestimmung ihres Gewichts mit einem wasserdichten Überzuge in der Weise versehen, daß an einem Teil der Prismen die den Schicht- bzw. Lagerflächen entsprechenden beiden parallelen Flächen $A A_1$ (Fig. 57), bei

dem andern Teil die hierzu rechtwinkligen beiden Längsflächen BB_1 (Fig. 58) von dem Überzuge frei bleiben¹⁾.

Nachdem die so präparierten Probestücke wiederum gewogen worden sind, werden sie langsam in Wasser eingetaucht und bleiben darin 5 Stunden. Hierauf wird die Gewichtsmenge des aufgenommenen Wassers bestimmt.

Das Verhältnis der freiwilligen Wasseraufsaugung in Richtung rechtwinklig und parallel zur Schichtung des Gesteins wird „Verteilungskoeffizient“ genannt und durch V bezeichnet. Der Wert

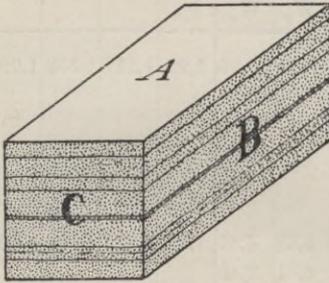


Fig. 57.

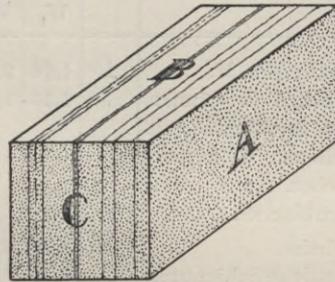


Fig. 58.

für V ist nach $\frac{W_2 >}{W_2 <}$ zu berechnen, wobei W_2 die freiwillige Wasseraufnahme bei langsamem Eintauchen der Probe, in Gewichtsprozenten des Gesteins, ausdrückt.

210. Bei den auf diese Weise ausgeführten Versuchen zeigten die massigen Gesteine keinen von der Richtung abhängigen namhaften Unterschied der Wasseraufsaugung. Bei parallel struierten Gesteinen ergab sich naturgemäß ein um so größerer Wert des Verteilungskoeffizienten, je lockerer die einzelnen Schichten miteinander zusammenhängen. Um festzustellen, ob bei der Wassersättigung im Vakuum und unter hohem Druck eine vollkommene Ausgleichung der Wasseraufsaugung nach den verschiedenen Richtungen stattfindet, wurden entsprechende Versuche ausgeführt.

Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate dieser Prüfungen an 29 mehr oder weniger vollkommen geschichteten Sandsteinen.

¹⁾ Man benutzt zum Überziehen der Gesteinsproben eine Schmelze von 6 Teilen Kolophonium, 3 Teilen gelbem Wachs und 1 Teil Terpentin, die man bei gelinder Hitze unter stetem Umrühren hergestellt hat. Hiervon gibt man so viel auf eine heiße Eisenplatte, daß dieselbe etwa 3 mm stark bedeckt wird, und legt das Probestück einige Sekunden darauf. Nach dem Abheben ist die betreffende Gesteinsfläche mit einem gleichmäßigen, wasserdichten Überzug versehen. Haftet derselbe nicht genügend an dem Gestein, so muß man der Harzschmelze etwas reichlicher Wachs zusetzen.

| Fundort des Sandsteins und allgemeine Struktur desselben | Wasseraufnahmegläche der Gesteinsprismen ⊥ bzw. zur Schichtung | Wasseraufnahme in Gew.-% der Gesteinsprobe | | | | Quotient der Wasserauf- nahme ⊥ u. zur Schichtung | | | | Sättigungskoeffizient S_v , an Probestücken ohne Harzüberzug bestimmt |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| | | bei sehr langsamer Wasserzuführung nach 2 Stunden | nach weiteren 3 Stunden | nach 1 1/2 stündiger Evakuierung unter Wasser u. nachfolgender 1/2 stündiger Aufsaugung | nach 18 stündiger Sättigung unter 75 Atmosphären Druck | $\frac{W_1}{W_1}$ > | $\frac{W_2}{W_2}$ > | $\frac{W_v}{W_v}$ > | $\frac{W_c}{W_c}$ > | |
| | | | | | | $\frac{W_1}{W_1}$ < | $\frac{W_2}{W_2}$ < | $\frac{W_v}{W_v}$ < | $\frac{W_c}{W_c}$ < | |
| W_1 | W_2 | W_v | W_c | = V | | | | | | |
| 1) Miltenberg a. M. Deutlich in dünnen Lagen geschichtet mit reichlichen Glimmer- blättchen auf den Schichtflächen | ⊥ | 1,46 1,13 | 2,41 1,89 | 3,21 2,33 | 5,36 5,49 | 1,29 | 1,27 | 1,378 | 1,02 | 0,681 z. T. 0,760 |
| 2) Bentheim. Deutliche Schichtung | ⊥ | 3,03 3,08 | 3,10 3,12 | 6,32 6,31 | 6,47 6,48 | 1,02 | 1,01 | 1,002 | 1,00 | 0,550 |
| 3) Horn (Lippe). Schichtung kaum wahrnehmbar | ⊥ | 4,48 4,63 | 4,55 4,69 | 8,94 8,75 | 9,13 9,04 | 1,03 | 1,03 | 1,022 | 1,01 | 0,528 |
| 4) Desgleichen aus an- derer Lage Schichtung kaum wahrnehmbar | ⊥ | — — | — — | — — | — — | — | 1,042 | — | — | 0,528 |
| 5) An der Haardt. Ziemlich vollkommen in dünnen Lagen ge- schichtet | ⊥ | 0,51 0,55 | 0,81 0,83 | 0,83 0,87 | 2,03 1,84 | 1,08 | 1,02 | 1,04 | 11,0 | 0,907 |
| 6) Wünschelburg. Undeutlich ge- schichtet | ⊥ | 4,47 3,90 | 4,64 4,46 | 9,02 8,81 | 9,11 9,01 | 1,15 | 1,04 | 1,024 | 1,019 | 0,467 |
| 7) Desgleichen aus an- derer Lage Ziemlich deutlich grob geschichtet | ⊥ | 3,51 3,74 | 3,54 3,80 | 7,08 7,60 | 7,16 7,65 | 1,07 | 1,07 | 1,07 | 1,07 | 0,563 |
| 8) Alt-Warthau. Ziemlich deutlich ge- schichtet | ⊥ | 5,45 5,62 | 5,53 5,64 | 10,97 11,23 | 11,28 11,31 | 1,03 | 1,06 | 1,02 | 1,00 | 0,500 |
| 9) Alt-Warthau. Sehr deutlich ge- schichtet | ⊥ | 5,13 5,61 | 5,22 5,68 | 11,86 13,72 | 12,50 14,43 | 1,09 | 1,09 | 1,16 | 1,15 | 0,577 |

| Fundort des Sandsteins und allgemeine Struktur desselben | Wasseraufsaugungsfläche der Gesteinsprismen ⊥ bzw. zur Schichtung | Wasseraufnahme in Gew.-% der Gesteinsprobe | | | | Quotient der Wasserauf- nahme ⊥ u. zur Schichtung | | | | Sättigungskoeffizient S, an Probestücken ohne Harzüberzug bestimmt |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|----------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| | | bei sehr langsamer Wasserzuführung nach 2 Stunden | | nach weiteren 3 Stunden | | $\frac{W_1 >}{W_1 <}$ | $\frac{W_2 >}{W_2 <}$ | $\frac{W_v >}{W_v <}$ | $\frac{W_c >}{W_c <}$ | |
| | | W_1 | W_2 | W_v | W_c | = V | | | | |
| 10) Miltenberg a. M. Deutlich geschichtet, mit vereinzelt Glim- merblättchen auf den Schichtflächen | ⊥ | 3,64 2,75 | 4,73 3,88 | 6,86 6,68 | 7,27 7,01 | 1,32 | 1,22 | 1,027 | 1,037 | 0,716 |
| 11) Huckberg bei Riesen- beck. Schichtung kaum wahrnehmbar | ⊥ | 4,34 2,94 | 4,76 4,26 | 9,51 9,54 | 9,74 9,87 | 1,48 | 1,11 | 1,00 | 1,01 | 0,474 |
| 12) Solling. Ausgezeichnet dünn- schichtig | ⊥ | 4,69 3,48 | 4,77 4,07 | 6,26 5,70 | 6,63 6,38 | 1,35 | 1,17 | 1,098 | 1,039 | 0,670 z. T. 0,830 |
| 13) Alvensleben; aus schlechten Lagen. Ziemlich vollkommen geschichtet | ⊥ | 1,79 1,45 | 3,09 2,24 | 5,30 5,16 | 5,61 5,45 | 1,23 | 1,38 | 1,027 | 1,029 | 0,672 |
| 14) Soest. Sehr undeutlich ge- schichtet | ⊥ | 3,78 4,05 | 3,93 4,17 | 8,07 8,55 | 8,52 8,82 | 1,07 | 1,32 | 1,06 | 1,03 | 0,467 |
| 15) Baumberge b. Nottuln. Schichtung kaum wahrnehmbar | ⊥ | 12,17 13,93 | 12,24 14,05 | 14,27 16,59 | 15,69 17,98 | 1,14 | 1,14 | 1,16 | 1,15 | 0,784 |
| 16) Ostseite des Dören- berges bei Iberg | ⊥ | 3,65 4,40 | 4,80 5,07 | 6,85 6,60 | 7,32 7,52 | 1,21 | 1,05 | 1,038 | 1,03 | 0,726 z. T. 0,833 |
| 17) Cotta. Unregelmäßige Schichtung mit kohli- gen Einlagerungen | ⊥ | 7,52 4,39 | 7,91 7,24 | 11,39 11,93 | 12,36 12,76 | 1,71 | 1,09 | 1,05 | 1,03 | 0,655 z. T. 0,612 |
| 18) Schlegel bei Neurode. Deutlich dünn- schichtig | ⊥ | 1,95 1,87 | 2,86 2,90 | 4,60 5,15 | 4,69 5,57 | 1,04 | 1,01 | 1,12 | 1,19 | 0,746 |
| 19) Kirn. Sehr undeutlich ge- schichtet | ⊥ | 3,47 4,38 | 5,63 5,36 | 6,63 6,72 | 7,47 7,57 | 1,26 | 1,05 | 1,01 | 1,01 | 0,814 |

| Fundort des Sandsteins und allgemeine Struktur desselben | Wasseraufnahmegläche der Gesteinsprismen ⊥ bzw. zur Schichtung | Wasseraufnahme in Gew.-% der Gesteinsprobe | | | | Quotient der Wasserauf- nahme ⊥ u. zur Schichtung | | | | Sättigungskoeffizient S_s an Probestücken ohne Harzüberzug bestimmt |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| | | bei sehr langsamer Wasserzuführung nach 2 Stunden | nach weiteren 3 Stunden | nach 1 $\frac{1}{2}$ stündiger Evakuierung unter Wasser u. nachfolgender $\frac{1}{2}$ stündiger Aufsaugung | nach 18 stündiger Sättigung unter 75 Atmosphären Druck | $\frac{W_1}{W_1}$ > | $\frac{W_2}{W_2}$ > | $\frac{W_v}{W_v}$ > | $\frac{W_e}{W_e}$ > | |
| | | | | | | $\frac{W_1}{W_1}$ < | $\frac{W_2}{W_2}$ < | $\frac{W_v}{W_v}$ < | $\frac{W_e}{W_e}$ < | |
| W_1 | W_2 | W_v | W_e | = | = | = | = | = | | |
| 20) Albendorf. Schichtung kaum wahrnehmbar | ⊥ | 4,19 | 4,27 | 8,30 | 8,40 | 1,01 | 1,02 | 1,032 | 1,005 | 0,557 |
| | | 4,13 | 4,17 | 8,04 | 8,36 | | | | | |
| 21) Goldberg in Schlesien. Ziemlich unvoll- kommen grob ge- schichtet | ⊥ | 3,47 | 3,65 | 8,85 | 9,10 | 1,28 | 1,24 | 1,07 | 1,05 | 0,615 |
| | | 4,45 | 4,54 | 9,51 | 9,59 | | | | | |
| 22) Ottweiler bei Trier. Deutlich geschichtet | ⊥ | 5,99 | 6,09 | 10,44 | 10,60 | 1,07 | 1,04 | 1,021 | 1,024 | 0,537 |
| | | 5,61 | 5,84 | 10,23 | 10,35 | | | | | |
| 23) Am Grasberg bei Schmalkalden. Geschichtet | ⊥ | 1,89 | 2,93 | 6,90 | 7,49 | 1,93 | 2,00 | 3,575 | 1,306 | 0,659 |
| | | 0,98 | 1,45 | 1,93 | 5,74 | | | | | |
| 24) Desgl.; andere Lage. Schichtung kaum wahrnehmbar | ⊥ | — | 3,19 | — | — | — | 1,127 | — | — | 0,726 |
| | | — | 2,83 | — | — | | | | | |
| 25) Friedersdorf. Undeutlich ge- schichtet | ⊥ | — | 3,59 | — | — | — | 1,011 | — | — | 0,508 |
| | | — | 3,55 | — | — | | | | | |
| 26) Westhofen a. d. Ruhr. Deutlich geschichtet | ⊥ | — | 0,97 | — | — | — | 1,141 | — | — | 0,854 z. T. 0,907 |
| | | — | 0,85 | — | — | | | | | |
| 27) Balhorn. Deutlich geschichtet, mit spärlichen Glim- merblättchen auf den Schichtflächen | ⊥ | — | 6,35 | — | — | — | 1,00 | — | — | 0,642 |
| | | — | 6,32 | — | — | | | | | |
| 28) Olvenstedt. Ohne wahrnehmbare Schichtung | ⊥ | — | 0,23 | — | — | — | 1,26 | — | — | 0,348 |
| | | — | 0,29 | — | — | | | | | |
| 29) Burgstedt. Ziemlich vollkom- men, dünn geschichtet | ⊥ | — | 2,94 | — | — | — | 1,267 | — | — | 0,729 |
| | | — | 2,32 | — | — | | | | | |

211. Die Resultate der vorstehenden Untersuchungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1) Bei deutlich geschichteten Sandsteinen ist die Wasseraufsaugung parallel der Schichtung stets größer, als in Richtung rechtwinklig zu derselben. Der Unterschied erreicht in der Regel sein Minimum bei der Wassersättigung unter hohem Druck, weil in diesem Falle eine vollkommene Wasserdurchdringung auch der weniger durchlässigen Schichtlagen stattfindet.

2) Unvollkommen geschichtete Sandsteine zeigen mitunter eine größere Wasseraufsaugung in der Richtung rechtwinklig zur Schichtung bezw. Lagerfläche, als parallel dazu, eine Erscheinung, welche vielleicht der Wirkung des Gebirgsdruckes auf die Lagerung der Quarzkörnchen zuzuschreiben ist.

3) Ein größerer oder geringerer Unterschied der Wasseraufsaugung \perp und \parallel zur Schichtung wird nicht immer bedingt durch eine mehr oder weniger vollkommene Parallelstruktur des Gesteins. Mitunter besitzen undeutlich geschichtete Gesteine einen höheren Verteilungskoeffizienten, als solche mit vollkommener Schichtung.

Beispiele hierfür liefern folgende Gesteine aus der vorstehenden Versuchsliste:

a) Sehr vollkommen geschichtete Sandsteine:

| Nr. | Fundort | Verteilungskoeffizient |
|-----|--------------------------------|------------------------|
| 1 | Miltenberg | 1,27 |
| 5 | An der Haardt | 1,02 |
| 18 | Schlegel bei Neurode | 1,01 |

b) Unvollkommen geschichtete Sandsteine:

| Nr. | Fundort | Verteilungskoeffizient |
|-----|----------------------|------------------------|
| 14 | Soest | 1,32 |
| 28 | Olvenstedt | 1,26 |
| 21 | Goldberg | 1,24 |

Über die Bedeutung des Verteilungskoeffizienten für die Frostbeständigkeit der Gesteine siehe das Kapitel Frostprüfung. Zur praktischen Ausführung gelangen diese Versuche übrigens nur an solchen Gesteinen, welche bei der Färbungsprobe eine schichtenförmige Farbeindringung erkennen lassen (s. Kap. 11).

Anmerkung. Die Prüfung der Gesteine auf ihre sonstigen physikalischen Eigenschaften, wie Widerstand gegen Frostwirkung, Ausdehnung durch Wärme und Wassereinwirkung usw. siehe im III. und IV. Teil.

III. Teil.

Spezielle Methoden der Wetterbeständigkeitsprüfung.

212. Von den im nachstehenden erörterten Untersuchungsmethoden hat lediglich die mikroskopische Gesteinsanalyse und die theoretische Frostprüfung eine allgemeine Bedeutung für die Wetterbeständigkeitsprüfung, während die übrigen Methoden nur in besonderen Fällen zur Anwendung gelangen. Näheres hierüber s. bei den Wetterbeständigkeitsbestimmungen der einzelnen Gesteinsarten.

Kapitel 9.

1. Die chemische Untersuchung der Gesteine.

213. Die gebräuchlichste Methode der chemischen Untersuchung ist die „Bausch-Analyse“, welche die summarische Bestimmung der chemischen Elementarbestandteile einer zu untersuchenden Substanz zum Zweck hat.

Nur wenn es möglich ist, aus dem Resultat einer derartigen Analyse einen Schluß auf die in der untersuchten Substanz enthaltenen chemischen Verbindungen zu ziehen, kann die Bausch-Analyse für die hier in Frage kommenden Untersuchungen Verwendung finden. Denn nicht das Mengenverhältnis der chemischen Elementarbestandteile, sondern lediglich ihre Vereinigung zu bestimmten mineralischen Substanzen wird für die Beurteilung der Gesteinszusammensetzung maßgebend sein.

214. Im allgemeinen wird sich aber aus der Bausch-Analyse nur dann ein sicherer Schluß auf die das Gestein zusammensetzenden chemischen Verbindungen, d. h. die mineralischen Bestandteile ermöglichen lassen, wenn die letzteren von sehr verschiedenem chemischen Charakter sind

wie z. B. bei Gemengen von Karbonaten und Silikaten, von Silikaten bzw. Karbonaten und Sulfiden.

So wird sich z. B. der Gehalt an Tonsubstanz in einem Dolomit, von Eisenkies in einem Kalkstein, von Quarz im Marmor aus der Analyse leicht berechnen lassen.

215. Andererseits gelingt es auch in nicht zu kompliziert zusammengesetzten, körnigen Silikatgesteinen, deren mineralische Bestandteile nach ihrer chemischen Zusammensetzung genau bekannt sind, das quantitative Verhältnis der einzelnen Gemengteile aus der Bausch-Analyse näherungsweise zu berechnen.

Es mag dies an einem Beispiel erläutert werden.

Gesetzt, ein Granit, welcher lediglich aus Quarz, Orthoklas und Muskovit bestände, liefere folgendes analytische Resultat:

| | Sauerstoffverhältnis |
|-----------------------------|----------------------|
| $K_2O = 12,66$ | 2,155 |
| $Al_2O_3 = 14,87$ | 6,930 |
| $SiO_2 = 72,47$ | 38,651. |
| | 100,00 |

Wenn man mit der Sauerstoffzahl der Kieselsäure (= 38,651) in die Sauerstoffzahl der Basen (K_2O und $Al_2O_3 = 9,085$) dividiert, so erhält man als „Sauerstoffquotient“ 0,235. Da dieser Wert kleiner ist als der Sauerstoffquotient des Orthoklases sowohl wie der des Muskovits, welcher beziehungsweise 0,333 und 0,833 beträgt, so ergibt sich hieraus in Übereinstimmung mit der mineralogischen Beobachtung, daß im Gestein überschüssige Kieselsäure als Quarz vorhanden sein muß.

Die Sauerstoffmengen in Kali und Tonerde verhalten sich wie 2,155 : 6,930 oder wie 1 : 3,216. Da aber im Orthoklas dieses Verhältnis wie 1 : 3 ist, so folgt hieraus, daß ein Überschuß von Tonerde vorhanden sein muß, welcher, da das Sauerstoffverhältnis von K_2O und Al_2O_3 im Muskovit wie 1 : 9 ist, auf ein Gemenge von Orthoklas und Muskovit hinweist.

Um nun das Mengenverhältnis von Orthoklas und Muskovit zu berechnen, berücksichtigt man, daß

$$\begin{array}{l} \text{im Orthoklas } 1 K_2O, \quad 1 Al_2O_3, \quad 6 SiO_2; \\ \text{im Muskovit } 1 K_2O, \quad 3 Al_2O_3, \quad 6 SiO_2 \end{array}$$

enthalten sind, demnach bei Anwesenheit von x Äquivalenten Orthoklas und y Äquivalenten Muskovit in den Graniten $(x + y)$ Äquiv. Kali und $(x + 3y)$ Äquiv. Tonerde.

Berechnet man nun aus der Analyse von 12,66% Kali und 14,87% Tonerde die Äquivalente, so erhält man 0,1347 K_2O und 0,1444 Al_2O_3 , und da

$$\begin{array}{l} x + 3y = 0,1444, \\ x + y = 0,1347, \end{array}$$

so bleibt nach Abzug der zweiten Gleichung von der ersten $2y = 0,0097$ oder $y = 0,0049$, mithin ist $x = 0,1298$.

Multipliziert man nun, um die Prozentwerte zu erhalten, 0,1298 und 0,0049 mit 94, der Äquivalentzahl des Kali, so erhält man 12,20% Kali für den vorhandenen Orthoklas und 0,46% Kali für den vorhandenen Muskovit. Multipliziert man ferner 0,1298 mit 103, der Äquivalentzahl der Tonerde, und 0,0049 mit $3 \times 103 = 309$, dem dreifachen Äquivalent der Tonerde, so erhält man 13,37% Al_2O_3 für den vorhandenen Orthoklas und 1,51% Al_2O_3 für den vorhandenen Muskovit.

Nach der Formel des Orthoklases kommen auf 94 Teile K_2O 103 Teile Al_2O_3 und 360 Teile SiO_2 , wonach auf 12,20% K_2O für den vorhandenen Orthoklas 46,72% SiO_2 entfallen, folglich 12,20% K_2O , 13,37% Al_2O_3 und 46,72% SiO_2 , was zusammen einem Gehalt von 72,29% Orthoklas entspricht.

Nach der Formel des Muskovits gehören zu 94 Teilen K_2O 309 Teile Al_2O_3 und 360 Teile SiO_2 , so daß auf 0,46% K_2O für den vorhandenen Muskovit 1,89% SiO_2 kommen, folglich 0,46% K_2O , 1,51% Al_2O_3 und 1,89% SiO_2 , was zusammen einem Gehalt von 3,86% Muskovit entspricht.

Somit bleiben 23,85% als Quarz übrig, und der Granit enthält:

72,29% Orthoklas,
3,86% Muskovit und
23,85% Quarz.

216. Die Voraussetzung für derartige Berechnungen ist aber, wie das angeführte Beispiel erkennen läßt, die Kenntnis der einzelnen Mineralbestandteile des analysierten Gesteins, und es wird deshalb die mineralogische Untersuchung mit der chemischen Analyse Hand in Hand gehen müssen, um das Ergebnis der letzteren für die Gesteinsbestimmung nutzbar zu machen.

Eine weitere Bedingung für die Ausführbarkeit der bez. Berechnungen ist es aber, daß die chemische Konstitution der einzelnen Mineralbestandteile genau bekannt ist, und deshalb versagt die Methode, sobald man es nicht mit einer Assoziation durchaus gut charakterisierter Mineralspezies, sondern mit teilweise amorphen Substanzen oder mit sehr feinkörnigen, auch mikroskopisch nicht sicher zu unterscheidenden Mineralgemengen zu tun hat. Ebenso verliert die Methode ihre Anwendbarkeit, wenn einzelne Mineralien im Gestein nicht mehr völlig frisch sind, also eine nicht näher bestimmbare Veränderung ihrer chemischen Zusammensetzung erlitten haben.

Man sieht aus alledem, daß die Möglichkeit, aus den Resultaten der Bausch-Analyse die mineralogische Zusammensetzung eines Gesteins zu bestimmen, eine beschränkte ist. In vielen Fällen wird man daher genötigt sein, zu der fraktionierten oder Sonderanalyse seine Zuflucht zu nehmen, welche darauf abzielt, die einzelnen Gesteinsgemengteile tunlichst für sich allein zu untersuchen.

Die Aussonderung derselben kann auf verschiedene Weise mehr oder weniger vollkommen bewirkt werden.

a) Aussonderung bei grobkörnigen Gesteinen durch einfaches Aussuchen der einzelnen Gemengteile aus dem gröblichen Gesteinspulver mit Hilfe der Lupe.

217. Die Arbeit wird zweckmäßig auf einer Glasplatte vorgenommen, der man eine mit der Farbe des auszusuchenden Minerals möglichst kontrastierende farbige Unterlage gibt. Körnchen von Magnet Eisen und Titaneisen können mit dem Magneten ausgezogen werden.

Wendet man einen Elektromagneten an, so kann man die Methode auf eine ganze Reihe eisenhaltiger Mineralien ausdehnen. Je nachdem man den elektrischen Strom mehr oder weniger verstärkt, lassen sich Hornblende, Augit, Olivin, Glimmer, Granat usw. ausziehen.

Mit einer derartigen Aussonderung ist zwar keine quantitative Bestimmung der betreffenden Gemengteile zu erzielen, wohl aber kann die Methode in solchen Fällen zweckdienlich sein, wo es sich darum handelt, genügendes Material für die chemische Analyse einzelner Gesteinsbestandteile zu gewinnen.

b) Aussonderung einzelner Gesteinsbestandteile durch Abschlämmen des zerkleinerten Gesteins in Wasser unter Anwendung besonderer Schlämmapparate.

218. Diese Methode kann namentlich in Betracht kommen bei Trennung toniger Bestandteile von den körnigen Gemengteilen sedimentärer Gesteine, beispielsweise bei der Untersuchung toniger Sandsteine¹⁾.

c) Aussonderung einzelner Gesteinsbestandteile durch Anwendung einer Lösung von hohem spezifischen Gewicht.

219. Zur Herstellung dieser Lösung sind zu empfehlen:

1. Kaliumquecksilberjodid, welches eine konzentrierte wässrige Lösung von 3,16 spez. Gewicht ergibt (Thouletsche Lösung) oder
2. Borowolframsaures Kadmium, dessen konzentrierte wässrige Lösung ein spez. Gewicht von 3,6 besitzt (Kleinsche Lösung).

Die letztere Lösung hat vor der ersteren den Vorzug des höheren spezifischen Gewichts, so daß selbst Spinell (spez. Gewicht 3,55) darauf schwimmt. Dagegen hat sie den Nachteil, daß sie nicht mit Karbonaten in Berührung gebracht werden darf, da sie durch dieselben zersetzt wird.

Es sind verschiedene, zum Teil komplizierte Apparate für diese Scheidungsoperation angegeben worden. In den meisten Fällen genügt der in Fig. 59 abgebildete einfache Scheidetrichter, dessen Anwendung

¹⁾ Näheres hierüber siehe: E. Schöne, Über Schlämmanalyse usw. Berlin 1867.

an einem Beispiel erläutert werden mag. Angenommen, ein Gestein, dessen Gemengteile isoliert werden sollen, besteht, wie durch mikroskopische Untersuchung seines Dünnschliffes festgestellt worden ist, aus Orthoklas (spez. Gewicht 2,54 bis 2,58), Quarz (spez. Gewicht 2,6 bis 2,8) und Hornblende (spez. Gewicht 2,9 bis 3,3). Man füllt den Trichter auf etwa $\frac{2}{3}$ mit der anzuwendenden Lösung, die man so weit verdünnt, daß ein Körnchen Hornblende (womöglich aus dem zu untersuchenden Gestein herausgeschlagen) eben untersinkt. Die Lösung wird alsdann

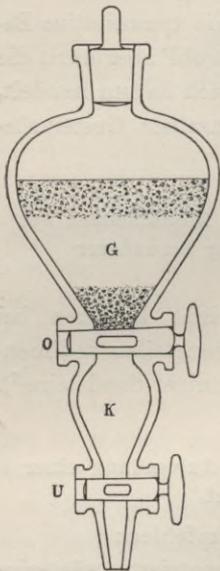


Fig. 59.

ein nur wenig niedrigeres spez. Gewicht als 2,9 haben. Nunmehr gibt man das gröblich zerkleinerte Gesteinspulver in den Trichter, schüttelt tüchtig durch und läßt absetzen. Darauf wird die niedergefallene Hornblende mittels des Hahnes O in den unteren Behälter K abgelassen, der Hahn wieder geschlossen, und, um die feineren Hornblendepartikel, die etwa noch in dem schwimmenden Pulver enthalten sind, auszufällen, wird nochmals durchgeschüttelt und das Niedergefallene zunächst in den unteren Behälter K und darauf in eine flache Schale abgelassen. Alsdann verdünnt man die Lösung aufs neue so weit, daß ein Körnchen Quarz darin eben zum Untersinken gebracht wird, und wiederholt die obige Operation, bis aller Quarz ausgefallen ist und nur noch Feldspatpulver in der Lösung schwimmt. Auf diese Weise gelingt es unter Umständen, die einzelnen mineralischen Bestandteile eines Gesteins zum Zwecke der mineralogischen Bestimmung oder chemischen Analyse voneinander zu scheiden.

Die Anwendung dieser Methode setzt jedoch voraus, daß das Gestein aus deutlich körnigen Gemengteilen besteht, welche sich durch Zerkleinern leicht voneinander trennen lassen, und daß die zu isolierenden Gemengteile von erheblich verschiedenem spezifischen Gewicht sind¹⁾.

Über die spezifischen Gewichte der gesteinsbildenden Minerale s. Abs. 188 S. 104.

¹⁾ Näheres siehe: F. Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, Bd. I, S. 94 u. f. — H. Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien, 1892, Bd. I, S. 231 u. f.; Neue Auflage 1904, S. 34 u. f.

d) Aussonderung einzelner Gesteinsbestandteile mittels verschieden wirkender Lösungs- bzw. Zersetzungsmittel.

220. Unterscheiden sich die Gesteinsgemengteile durch ihre verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen Säuren oder alkalische Lösungen, dann kann dieses Verhalten unter Umständen zu einer brauchbaren Trennungsmethode benutzt werden.

So lassen sich z. B. Karbonate in Silikatgesteinen durch Essigsäure oder stark verdünnte Salzsäure ausziehen. Leuzit, Nephelin, Melilith, sämtliche Zeolithe, Eisenoxydhydrat und Magnetit werden durch mäßig verdünnte Salzsäure zersetzt bzw. aufgelöst, während andere felsbildende Silikate hierbei nicht oder nur unbedeutend angegriffen werden. Kalifeldspat und Natronfeldspat werden von kochender Salzsäure und Schwefelsäure fast gar nicht angegriffen, Kalkfeldspat und Kalknatronfeldspat dagegen mehr oder weniger zersetzt, so daß bei Abwesenheit anderer zersetzbarer Silikate eine chemische Trennung dieser Feldspatgruppen möglich ist. Kaolin und andere Tonsubstanzen sind durch kochende Schwefelsäure langsam, aber vollständig zersetzbar, während der Quarz nicht angegriffen wird, so daß man z. B. das tonige Bindemittel der Sandsteine auf diese Weise für die quantitative Bestimmung zu isolieren vermag, vorausgesetzt, daß neben Quarz nicht auch zersetzbarer Feldspat als körniger Bestandteil auftritt. Noch leichter gelingt die Trennung bei Behandlung des Gesteinspulvers mit verdünnter Schwefelsäure in einer zugeschmolzenen Glasröhre beim Erhitzen auf 250° C.

Bituminöse und kohlige Substanzen im Gestein lassen sich durch Extraktion des Bitumens mittels Äthers voneinander trennen. Nach dem Verdunsten des bräunlich gefärbten Äthers erhält man das Bitumen in Form einer öligen Substanz von ozokerit-ähnlichem Geruch. Noch empfehlenswerter ist die Anwendung von Xylol wegen seines hohen Siedepunktes. Die Operation wird am zweckmäßigsten im Soxhlet'schen Apparat ausgeführt.

221. Was über die Auflösbarkeit bzw. Zersetzung der Mineralien gemeinhin in den Lehrbüchern angegeben wird, gründet sich nur zum Teil auf analytische Untersuchungen; vielfach beziehen sich die Angaben lediglich auf das äußerlich erkennbare Verhalten der Mineralien gegen die betreffenden Agentien. Um daher eine sichere Grundlage für die Beurteilung der üblichen Trennungsmethoden zu gewinnen, ist eine Reihe von analytisch kontrollierten Lösungsversuchen an fein gepulverten Mineralien ausgeführt worden, deren Ergebnisse in der nachfolgenden Übersicht über die Widerstandsfähigkeit der wichtigsten ge-

steinsbildenden Mineralien gegen Säuren und Alkalien aufgenommen worden sind.

222. Quarz. Die kristallisierte Kieselsäure wird von Salzsäure, Schwefelsäure und Kieselflußsäure nicht angegriffen, dagegen von Flußsäure vollständig gelöst. Auch wässrige Lösungen von Ätzalkalien und kohlen-saure Alkalien lösen den Quarz in nicht unbeträchtlicher Menge.

Kontrollversuch. 0,6599 g klarer Bergkristall von Mine d'or fein gepulvert, wurde 2 Stunden mit 20 g reiner Soda und 150 g Wasser in einer Platinschale gekocht. In Lösung gingen 0,0075 g $\text{SiO}_2 = 1,1\%$ Bergkristall.

223. Opal und Chalcedon. Von Salzsäure, Schwefelsäure und Kieselflußsäure nicht merklich angegriffen, von Flußsäure vollständig gelöst. Von Ätzkali- und Sodalösung wird Opal völlig, Chalcedon dagegen nur teilweise aufgelöst.

Anmerkung: Chemische Trennung des Quarzes von Silikaten.

Da Kieselflußsäure die meisten gesteinsbildenden Silikate zersetzt, den Quarz jedoch nicht angreift, so ist hierauf eine Methode für die Trennung des Quarzes von den übrigen Gemengteilen der Silikatgesteine gegründet worden. Es ist jedoch zu beachten, daß die wässrige Lösung von Kieselflußsäure (H_2SiF_6) sich beim Erwärmen, unter Entwicklung von gasförmigem Fluorsilizium (SiF_4), zersetzt, so daß die zurückbleibende Flußsäure den Quarz angreifen würde, falls nicht durch vorhergegangene Zersetzung der Silikate eine beträchtliche Menge hydratischer Kieselsäure abgeschieden worden ist, die in erster Linie von der Flußsäure gelöst wird. Hiernach wird es sich also empfehlen, das möglichst fein zerriebene Gesteinspulver zunächst längere Zeit in der Kälte mit Kieselflußsäure zu behandeln und alsdann unter mäßigem Erwärmen und stetigem Umrühren die Zersetzung zu vollenden.

Eine andere Methode zur Trennung des Quarzes von den Silikaten ist von J. Hazard ¹⁾ vorgeschlagen worden. Das Gesteinspulver wird mit 2 Teilen konzentrierter Schwefelsäure und 1 Teil Wasser in einer Glasröhre eingeschmolzen und 6 Stunden lang im Luftbade der Temperatur von 250° C ausgesetzt. Nach den von Hazard ausgeführten Versuchen wurden auf die gedachte Weise folgende Silikate aufgeschlossen: Muskovit, Biotit, Granat, Turmalin, Talk, Anorthit, Labradorit, Hornblende, Hypersthen, Diallag und Pyroxen, während Orthoklas, Albit und Oligoklas unzersetzt zurückblieben. Um den Quarzgehalt neben den letztgenannten Feldspäten festzustellen, wird der aus der Schwefelsäure-Zersetzung resultierende Rückstand mit schmelzendem Alkali aufgeschlossen und die Kieselsäure und Tonerde nebst Kalk in der üblichen Weise bestimmt. Berechnet man die zu dem gefundenen Gewicht von Tonerde bezw. Kalk gehörige Menge der Kieselsäure aus den Feldspatformeln, so ergibt der Überschuß an Kieselsäure die gesuchte Quantität des Quarzes. Übrigens erweist sich der Aufschluß mit verdünnter Schwefelsäure unter hohem Druck auch für die Bestimmung des Bindemittelgehaltes in Tonsandsteinen wohl geeignet.

¹⁾ Zur quantitativen Bestimmung des Quarzes in Gesteinen und Bodenarten. Zeitschr. f. analyt. Chemie 1884. Bd. II, S. 159.

224. Orthoklas, Mikroklin, Albit und Sanidin. Durch Flußsäure leicht zersetzbar. Salzsäure und Schwefelsäure zeigen keine merkliche Einwirkung. Dagegen werden die genannten Feldspäte durch Kochen mit Natronlauge in eine durch Säuren zersetzbare Verbindung übergeführt. Die gleiche Wirkung wird durch kohlen saure Alkalien erzielt.

Kontrollversuch. 3,1594 Mikroklin von Arendal wurden fein zerrieben mit 100 ccm einer 5%igen Sodalösung 15 Minuten gekocht. In Lösung gingen 0,0202 g Kieselsäure, entsprechend 3,20% zersetztem Mikroklin.

225. Oligoklas. Von Flußsäure vollständig, von Salzsäure und Schwefelsäure teilweise zersetzt, und zwar um so vollkommener, je größer der Kalkgehalt des Oligoklases ist.

226. Labradorit. Von Flußsäure leicht, von konzentrierter Salzsäure bei längerem Erwärmen zersetzt. Desgleichen bei mehrstündigem Erhitzen mit 2 Teilen Schwefelsäure und 1 Teil Wasser auf 250° im geschlossenen Glasrohr. Auch von Sodalösung wird Labradorit in erheblichem Maße angegriffen.

Kontrollversuch. 3,7693 g Labradorit von Brisbane in Queensland wurden 15 Minuten mit 100 ccm einer 5%igen Sodalösung gekocht. In Lösung gingen 0,0265 g Kieselsäure, entsprechend 1,33% zersetztem Labradorit.

227. Anorthit. Durch Flußsäure, wie auch durch Salzsäure und konzentrierte Schwefelsäure völlig zersetzt. Von kohlen sauren Alkalien wird er in nicht unerheblicher Weise angegriffen.

228. Nephelin, Leucit, Melilith. In Flußsäure, wie auch in Salzsäure und konzentrierter Schwefelsäure völlig zersetzbar. Von kohlen sauren Alkalien in nicht unerheblicher Weise angegriffen.

229. Muskovit und Biotit. Beide Glimmerarten werden durch Flußsäure zwar langsam, aber vollkommen zersetzt; desgl. Biotit durch kochende konzentrierte Schwefelsäure und Salzsäure. Auch Muskovit wird durch Schwefelsäure und Salzsäure nicht unbedeutend angegriffen.

Die Angaben in den Lehrbüchern, daß Muskovit von Salzsäure und Schwefelsäure nicht angegriffen wird, während Biotit durch Salzsäure nur in geringer Menge zersetzt wird, bedarf nach den folgenden Untersuchungen der Berichtigung.

Es wurden zersetzt,

durch zweistündiges Kochen mit Salzsäure:

Kaliglimmer etwa 54%, Magnesiaglimmer etwa 90 bis 98%, Eisen-Magnesiaglimmer nahezu vollständig;

durch achttägige Einwirkung von Schwefelsäure in der Kälte:

Kaliglimmer etwa 16%, Magnesiaglimmer etwa 43 bis 92%, Phlogopit etwa 23%, Eisen-Magnesiaglimmer etwa 93 bis 98%.

Kochende Schwefelsäure schließt die vorstehenden Varietäten des Magnesiaglimmers vollständig auf.

230. Sericit. Durch Flußsäure sehr schwer, durch Salzsäure und Schwefelsäure angeblich gar nicht angegriffen.

231. Chlorit. Durch Salzsäure in geringer Menge zersetzt, durch Schwefelsäure wenig angegriffen.

232. Talk. Durch Salzsäure und Schwefelsäure nicht angegriffen.

233. Augit, Hypersthen, Diallag, Bronzit. Durch Salzsäure verhältnismäßig schwer angegriffen, durch Flußsäure langsam aber vollständig zersetzt. Verdünnte Schwefelsäure unter hohem Druck schließt sie vollkommen auf. Auch kochende Alkalilösung greift sie merklich an.

234. Hornblende (gemeine und basaltische), **Anthophyllit.** Werden von Salzsäure um so mehr angegriffen, je höher ihr Eisengehalt ist; von Flußsäure werden sie etwas leichter als Augit zersetzt, durch verdünnte Schwefelsäure unter hohem Druck vollständig aufgeschlossen. Auch kochende Alkalilösung greift sie merklich an.

Kontrollversuch. 3,0268 g fein zerriebene Hornblende von Arendal wurden 15 Minuten lang mit 100 ccm einer 5prozentigen Sodalösung gekocht. In Lösung gingen 0,0129 g Kieselsäure, entsprechend 0,99 % zersetzter Hornblende.

235. Andalusit. In Flußsäure und in Salzsäure fast vollständig unlöslich.

236. Granat. Durch Flußsäure sowie durch verdünnte Schwefelsäure unter hohem Druck vollständig zersetzt. Von Salzsäure ziemlich schwer, die eisenreichen Varietäten leichter angegriffen.

237. Olivin. Von Flußsäure, Salzsäure und Schwefelsäure leicht und vollständig zersetzt.

238. Glasige Gemengteile der Silikatgesteine. In Flußsäure sehr leicht löslich. Von Salzsäure und Schwefelsäure um so leichter und vollkommener zersetzt, je geringer ihr Kieselsäuregehalt und je größer ihr Eisen- bzw. Kalkgehalt ist.

239. Serpentin. Von Salzsäure leicht, von Schwefelsäure sehr leicht und vollständig zersetzbar.

240. Kaolin. Von Flußsäure vollständig zersetzt. Kalte Salzsäure und Schwefelsäure greifen ihn nur wenig an, heiße Salzsäure dagegen in recht beträchtlichem Maße, während kochende Schwefelsäure ihn vollkommen zersetzt.

Auch kohlen saure Alkalien lösen Kaolin in nicht unbeträchtlicher Menge. Mit Kalilauge gekocht bildet sich eine in Salzsäure vollkommen zersetzbare kieselsaure Verbindung von Tonerde und Kali.

Kontrollversuche.

1. Einwirkung von kochender Salzsäure. 0,5176 g fein zerriebener und gesiebter Kaolin von Karlsbad wurden mit Salzsäure vom spezifischen Ge-

wicht 1,1 unter mehrmaligem Auffüllen neuer Säure zwei Stunden im Kjeldahl-Kolben gekocht. Es waren zersetzt worden 0,1389 g = 24,9 % des angewandten Gewichts. Das Zersetzungsprodukt enthielt 0,043 g Kieselsäure und 0,0358 g Tonerde. Das Verhältnis von SiO_2 : Al_2O_3 entspricht fast genau der Kaolinformel, die Zersetzung ist daher vollständig.

2. Einwirkung von kalter Schwefelsäure. 0,549 g des obigen Kaolins wurden der Einwirkung von 30 ccm 20prozentiger Schwefelsäure 8 Tage unter täglich mehrmaligem Umschütteln ausgesetzt. Es waren zersetzt worden 0,0509 g = 9,26 % des angewandten Gewichts. Das Zersetzungsprodukt enthielt 0,0079 g Kieselsäure und 0,0076 g Tonerde, beide Bestandteile also in dem der Kaolinformel entsprechenden Verhältnis.

Anmerkung. Tonige Gesteinsprodukte und in Säuren lösliche Silikate (Glimmer usw.) lassen sich nach dem Vorstehenden durch Säuren nicht trennen.

3. Einwirkung von kochender Sodalösung. 2,9764 g geschlämmter Kaolin von Halle wurden 2 Stunden mit 75 ccm konzentrierter Sodalösung gekocht. In Lösung gingen 0,59 % Kieselsäure und 0,18 % Tonerde, entsprechend 1,265 % Kaolin.

241. Kalkspat. Auch in äußerst verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure, sowie in Essigsäure leicht löslich.

242. Dolomitspat. In Säuren etwas schwerer löslich als Kalkspat; in stark verdünnten Säuren nur beim Erwärmen.

243. Gips. In Säuren nur sehr schwer und in sehr geringer Menge löslich. Durch kohlensaure Alkalien völlig zersetzbar. In Wasser in geringer Menge löslich; reichlicher bei Gegenwart von Kochsalz.

244. Eisenkies. Durch Flußsäure und Salpetersäure völlig zersetzbar; von Salzsäure nur in geringem Maße angegriffen.

245. Magnetkies. Durch Flußsäure und Salzsäure, leichter durch Salpetersäure zersetzbar.

246. Roteisen, Brauneisen und Eisenerz. In Salzsäure und Salpetersäure leicht, in Schwefelsäure schwer löslich.

247. Graphit und amorpher Kohlenstoff. Von Säuren nicht angegriffen; durch Kaliumbichromat und Schwefelsäure zu Kohlensäure oxydiert.

248. Bituminöse Substanzen. In Äther, Benzol, Schwefelkohlenstoff oder Xylol löslich; der Kohlenstoff bituminöser Substanzen wird durch Chlorsäure zu Kohlensäure oxydiert, ebenso durch Kaliumbichromat und Schwefelsäure.

Zur leichteren Übersicht möge die folgende Zusammenstellung dienen.

249. Die Wirkung der verschiedenen Lösungsmittel auf die gesteinsbildenden Mineralien, nach den Mineralien geordnet:

| Mineral | In Salzsäure | In Schwefelsäure | In kohlen-sauren Alkalien | Bemerkungen |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Quarz | hc. ¹⁾ unlöslich | hc. unlöslich | hv. in geringer Menge löslich | Durch Kochen mit kohlen-sauren Alkalien in Zeolithe umgewandelt, die durch Säuren leicht zersetzbar sind |
| Opal | desgl. | desgl. | hv. ziemlich leicht löslich | |
| Kalifeldspat | hc. fast unlöslich | hc. fast unlöslich | h. in nicht unbedeutender Menge lösl. | |
| Natronfeldspat | desgl. | desgl. | h. in nicht unbedeutender Menge lösl. | |
| Kalkfeldspat | hc. vollkommen zersetzbar | hc. vollkommen zersetzbar | h. teilweise löslich | |
| Kalknatronfeldspat | hc. unvollkommen zersetzbar | hc. unvollkommen zersetzbar | desgl. | |
| Nephelin | kc. vollkommen zersetzbar | kc. vollkommen zersetzbar | desgl. | |
| Leucit | hc. vollkommen zersetzbar | hc. vollkommen zersetzbar | desgl. | |
| Melilith | hc. sehr leicht zersetzbar | hc. sehr leicht zersetzbar | h. sehr langsam teilweise löslich | |
| Hauyn und Nosean | kc. vollkommen zersetzbar | kc. vollkommen zersetzbar | h. teilweise löslich | |
| Zeolithische Mineralien | desgl. | desgl. | desgl. | |
| Kaliglimmer | hc. langsam bis auf 50% zersetzbar | hc. unvollkommen zersetzbar | h. nur in geringer Menge lösl. | |
| Magnesia-glimmer | hc. die eisenfreien langsam u. unvollkom., die eisenhaltigen fast vollständig zersetzbar | hc. vollkommen zersetzbar | desgl. | |

¹⁾ Abkürzungen: h = heiß, c = konzentriert, v = verdünnt, k = kalt.

| Mineral | In Salzsäure | In Schwefelsäure | In kohlen-sauren Alkalien | Bemerkungen |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Chlorit | hc. unvollkom. zersetzbar | hc. vollkommen zersetzbar | nur in geringer Menge löslich | Die Zersetzbarkeit durch Säuren nimmt mit dem Eisengehalt zu |
| Talk | hc. kaum merklich zersetzbar | hc. kaum merklich zersetzbar | desgl. | |
| Serpentin | hc. ziemlich leicht zersetzbar | hc. sehr leicht zersetzbar | desgl. | |
| Augit | hc. schwer und sehr unvollständig zersetzbar | hc. unvollkommen zersetzbar | in nicht unbedeutender Menge zersetzbar | |
| Hornblende | hc. schwer und sehr unvollkommen zersetzbar | desgl. | desgl. | |
| Diallag | hc. sehr unvollständig zersetzbar | desgl. | in geringer Menge zersetzbar | |
| Hypersthen | hc. nur sehr wenig angegriffen | hc. nur sehr wenig angegriffen | desgl. | |
| Bronzit | desgl. | desgl. | desgl. | |
| Enstatit | desgl. | desgl. | — | |
| Granat | hc. schwer und unvollkommen zersetzbar | hc. ziemlich schwer und unvollkommen zersetzbar | in nicht unbedeutender Menge zersetzbar | |
| Olivin | hv. leicht zersetzbar | hc. leicht zersetzbar | desgl. | Nach dem Schmelzen vollkommen durch HCl und H ₂ SO ₄ zersetzbar |
| Glasartige Substanzen | hc. teils schwer und in sehr geringer Menge, teils vollständig zersetzbar | hc. teils schwer und in sehr geringer Menge, teils vollständig zersetzbar | desgl. | |

| Mineral | In Salzsäure | In Schwefel- säure | In kohlen- sauren Alkalien | Bemerkungen |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kalkspat | kv. überaus leicht löslich | kv. überaus leichtlöslich | — | Auch in Essigsäure löslich, welche die Silikate nicht angreift |
| Dolomitspat | kv. nur schwer löslich hc. leichtlöslich | kv. nur schwer löslich hc. leichtlöslich | — | Desgl. |
| Gips | — | hc. löslich | — | Auch in Wasser löslich |
| Kaolin | hc. nur schwer zersetzbar | hc. vollständig zersetzbar | in geringer Menge löslich | |
| Eisenkies | hc. kaum merk- lich zer- setzbar | hc. unzeretz- bar | — | In Salpetersäure leicht und voll- ständig zersetzbar |
| Markasit | desgl. | desgl. | — | Desgl. |
| Magnetkies | kc. vollkommen zersetzbar | hc. zersetzbar | — | Desgl. |
| Magneteisen | hc. leicht und vollkommen löslich | hc. löslich | — | |
| Titaneisen | hc. je nach dem Titangehalt mehr oder weniger leichtlöslich | hc. je nach dem Titangehalt mehr oder weniger leichtlöslich | — | |
| Roteisenstein | kc. löslich | hc. schwer lösl. | — | |
| Brauneisen- stein und Eisenocker | kv. leichtlöslich | hv. schwer lös- lich | — | |
| Graphit | unzersetzbar | unzersetzbar | nichtangreifbar | |
| Fossile Kohle | desgl. | desgl. | wenig angreifbar | Schwarzkohle wird durch Kalilauge nicht angegriffen. Braunkohle läßt durch Kalilauge einen braunen Farbstoff ausziehen |
| Bitumen | desgl. | desgl. | desgl. | Äther, Xylol usw. ex- trahieren eine braune ölige Substanz |

Anmerkung. Von den akzessorischen Gemengteilen sind in Salzsäure und kalter Schwefelsäure nahezu unlöslich: Turmalin, Spinell, Korund, Andalusit, Disthen.

250. Die Wirkung der verschiedenen Lösungsmittel auf die gesteinsbildenden Mineralien, nach den Lösungsmitteln geordnet.

1. Flußsäure.

- a) Zersetzt bzw. löst vollkommen: Quarz, Opal, Chalcedon, Orthoklas, Mikroklin, Albit, Sanidin, Oligoklas, Labradorit, Anorthit, Nephelin, Leucit, Melilith, Kali-, Magnesia- und Eisen-Magnesia-Glimmer, Augit, Hypersthen, Diallag, Bronzit, Hornblende (gemeine und basaltische), Anthophyllit, Granat, Olivin, glasige Gemengteile der Silikatgesteine, Serpentin, Kaolin, Kalkspat, Dolomitspat, Eisenkies, Magnetkies, Roteisen, Brauneisen und Eisenocker.
- b) Zersetzt bzw. löst unvollkommen: Sericit, Gips.
- c) Greift nur wenig an: Andalusit, Magnetkies, Chromeisen, Eisenglanz, Titaneisen, Graphit, amorpher Kohlenstoff, bituminöse Substanzen.

2. Kieselflußsäure.

Zersetzt alle Silikate mehr oder weniger leicht, aber in beträchtlich geringem Grade als Flußsäure. Quarz wird nicht angegriffen.

3. Chlorsäure.

- a) Zersetzt bzw. löst vollkommen: Kalkspat, Dolomitspat, Graphit, amorpher Kohlenstoff, bituminöse Substanzen.
- b) Zersetzt bzw. löst unvollkommen: Oligoklas (um so mehr, je größer der Kalkgehalt ist), Gips.

4. Salzsäure.

- a) Zersetzt bzw. löst vollkommen: Anorthit, Nephelin, Leucit, Melilith, Eisen-Magnesiaglimmer, Serpentin, Olivin, Kalkspat, Dolomitspat, Magnetkies, Roteisen, Brauneisen und Eisenocker.
- b) Zersetzt bzw. löst unvollkommen: Oligoklas (mit steigendem Kalkgehalt leichter zersetzbar), Labradorit, Kaliglimmer, Magnesiaglimmer (vollkommener als Kaliglimmer), Chlorit, Hornblende (um so mehr, je größer der Eisengehalt ist), Anthophyllit (mit steigendem Eisengehalt leichter zersetzbar), glasige Gemengteile der Silikatgesteine (um so vollkommener, je geringer der Kieselsäuregehalt ist), Kaolin, Gips, Eisenkies.
- c) Greift nur wenig bzw. gar nicht an: Opal, Chalcedon, Orthoklas, Mikroklin, Albit, Sanidin, Sericit (?), Talk, Augit, Hypersthen, Diallag, Bronzit, Andalusit, Granat (eisenarme Varietäten), Eisenglanz, Titaneisen, Graphit, amorpher Kohlenstoff, bituminöse Substanzen.

5. Schwefelsäure.

- a) Zersetzt bzw. löst vollkommen: Magnesiaglimmer und seine Varietäten sowie Serpentin, Olivin, Kaolin beim Kochen; Kalkspat, Dolomitspat auch in der Kälte.
- b) Zersetzt bzw. löst unvollkommen: Oligoklas (mit steigendem Kalkgehalt leichter zersetzbar), Kaliglimmer, glasige Gemengteile der Silikatgesteine (um so leichter, je geringer der Kieselsäuregehalt ist), Kaolin, Gips.
- c) Greift nur wenig bzw. gar nicht an: Opal, Chalcedon, Orthoklas, Mikroklin, Albit, Sanidin, Sericit (?), Chlorit.

6. Verdünnte Schwefelsäure unter Druck¹⁾.

- a) Zersetzt vollkommen: Muskovit, Biotit, Granat, Turmalin, Talk, Anorthit, Labradorit, Hornblende, Hypersthen, Diallag, Pyroxen, Bronzit, Anthophyllit.
- b) Zersetzt nicht: Orthoklas, Albit, Oligoklas.

7. Kochende Ätzalkalilösung.

- a) Zersetzt bzw. löst vollkommen: Opal, Orthoklas, Mikroklin, Albit, Sanidin, Kaolin.
- b) Zersetzt bzw. löst unvollkommen: Quarz, Chalcedon, Augit, Hypersthen, Diallag, Bronzit, Hornblende, Anthophyllit, Gips.

8. Kochende Sodalösung.

- a) Zersetzt bzw. löst vollkommen: Opal, Orthoklas, Mikroklin, Albit, Sanidin, Gips.
- b) Zersetzt bzw. löst unvollkommen: Quarz, Chalcedon, Labradorit, Anorthit, Hornblende, Anthophyllit, Kaolin.

9. Kaliumbichromat und Schwefelsäure.

Lösen bzw. zersetzen vollkommen: Graphit, amorphen Kohlenstoff, bituminöse Substanzen.

10. Äther, Benzol, Schwefelkohlenstoff oder Xylol.

Lösen vollkommen: Bituminöse Substanzen.

251. Wenn man nach den vorstehenden Tabellen die Löslichkeitsverhältnisse derjenigen Mineralien miteinander vergleicht, welche gemeinhin in den Gesteinen vereinigt sind, so ergibt sich, daß nur in verhältnismäßig wenigen Fällen eine vollkommene Trennung der Gesteinsbestandteile durch Anwendung von Lösungsmitteln zu ermöglichen ist. Aber selbst dann, wenn die Zusammensetzung des Gesteins einer solchen Separation günstig ist, wird noch festzustellen sein, ob nicht einzelne der Gemengteile mehr oder weniger angewittert sind, da dieselben in solchem Zustande ein wesentlich verändertes Verhalten gegen Lösungsmittel zeigen. Die mikroskopische Bestimmung der Gesteinsbestandteile, welche für die Wahl der Trennungsmittel maßgebend ist, wird auch hierüber Aufschluß geben.

¹⁾ Nach J. Hazard, s. Abs. 223.

Kapitel 10.

2. Die mineralogische Untersuchung der Gesteine nach ihrer äußeren Erscheinungsweise, sowie die qualitative und quantitative mikroskopische Gesteinsanalyse.

252. Zur genauen Feststellung der mineralogischen Zusammensetzung und Struktur der Gesteine dient die mikroskopische Untersuchung derselben in Dünnschliffen. Dieser Untersuchung hat jedoch stets eine solche an größeren Bruchstücken des Gesteins voranzugehen, um zunächst dessen äußerlich erkennbare Eigenschaften mit Hilfe der Lupe zu bestimmen. Denn nicht nur, daß hierdurch das Verständnis für die Erscheinung des mikroskopischen Bildes erleichtert wird; es sind auch mancherlei Strukturverhältnisse festzustellen, welche sich der Beobachtung in Dünnschliffen entziehen, sei es, daß sie in der Schliffebene nicht zur Geltung gelangen, bei der Herstellung des Dünnschliffes ganz oder teilweise zerstört werden, oder aber infolge ihrer räumlichen Ausdehnung in dem beschränkten mikroskopischen Bilde nicht zusammenhängend zur Erscheinung gelangen.

Folgende Gesteinseigenschaften sind es, welche bei der äußeren mineralogischen Untersuchung zu bestimmen sein werden:

- 1) Die wesentlichen und akzessorischen, makroskopischen Gemengteile des Gesteins;
- 2) die Bindungsweise der körnigen Gemengteile, wobei zwischen unmittlbarer Kornbindung (kristallinische Gesteine) und mittelbarer Kornbindung (klastische Gesteine) zu unterscheiden ist;
- 3) der Strukturcharakter, insbesondere, ob das Gestein durchweg kristallinisch-körnig, porphyrisch, mikro-kristallinisch, klastisch, tuffartig, oolithisch, mandelsteinartig usw. ist;
- 4) die räumliche Anordnung der Bestandteile, ob dieselbe massig (regellos) oder schichtig (mehr oder weniger parallellfächig) erscheint;
- 5) die Gleichmäßigkeit oder Ungleichmäßigkeit der Körnung, sowie der Verteilung und Aggregationsweise der Gemengteile;
- 6) die dichte, feinporige oder grobporige Beschaffenheit, sowie die Form der Poren und ihre gleichmäßige oder ungleichmäßige Verteilung.

Ferner wird sich die mineralogische Untersuchung zu erstrecken haben auf die Prüfung der Härte einzelner Bestandteile, wie namentlich des Bindemittels bei klastischen Gesteinen, sowie der bereits mehr oder weniger verwitterten Gemengteile. Auch ein relatives Maß für die Kornbindungsfestigkeit läßt sich dadurch gewinnen, daß man feststellt, ob beim Zerschlagen des Gesteins die Schlagfläche durch die körnigen Bestandteile oder lediglich durch das Bindemittel hindurchgeht und ob in dem letzten Falle die körnigen Bestandteile glatt aus dem Bindemittel herausgelöst erscheinen, oder ob dasselbe an den Körnern haften bleibt (s. Abs. 289 S. 182).

Endlich werden die morphologischen Ausbildungsverhältnisse des Gesteins zu berücksichtigen sein, wie insbesondere ein schichtenförmiger Wechsel in der Struktur bzw. der Zusammensetzung, eine transversale Schieferung und, soweit dies an größeren Stücken des Bruchmaterials erkennbar ist, die Art einer etwaigen Zerklüftung, säulenförmigen, plattigen oder kugeligen Absonderung.

253. Zu den unter 1 bis 6 genannten Untersuchungen bedient man sich mit Vorteil einer Hartnackschen Zylinderlupe von 12- bis 18facher Vergrößerung, die, behufs bequemer Handhabung bei Härte-

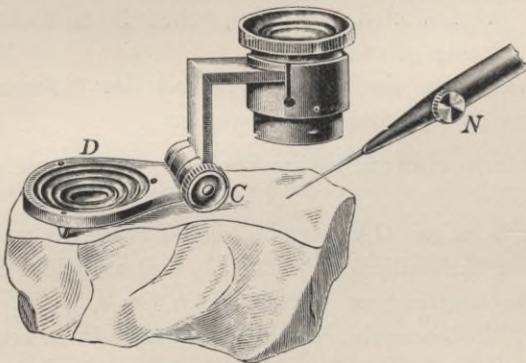


Fig. 60.

prüfungen, mit einem kleinen Stativ der nebenstehenden Form, Fig. 60, versehen ist. Während man mit der linken Hand das zu untersuchende Gestein hält und zugleich mit dem Daumen die Platte *D* des Stativs darauf festdrückt, wird die Lupe durch Verschiebung in der Hülse und, bei schrägen Flächen und Vertiefungen, mit Hilfe des

Scharniers *C* auf das Objekt eingestellt. Mit der Präpariernadel *N* vermag man alsdann Härteprüfungen an den einzelnen Bestandteilen des Gesteins auszuführen und erforderlichenfalls auch kleine Partikel behufs anderweitiger Prüfung aus dem Gestein herauszulösen¹⁾.

¹⁾ Die oben beschriebene Lupe wird nach Angabe des Verf. von R. Fieß in Steglitz bei Berlin gefertigt, und zwar in zwei Sorten, von 12- und 18facher Vergrößerung.

Die qualitative und quantitative mikroskopische Gesteinsanalyse.

254. Unter den verschiedenen Arten der Gesteinsuntersuchung nimmt die mikroskopische Methode in ihrer gegenwärtig vervollkommenen Ausbildung einen hervorragenden Rang ein.

Es ermöglicht dieselbe mit verhältnismäßig geringen Mitteln und ohne beträchtlichen Zeitaufwand:

- 1) Die einzelnen Mineralgemengteile, selbst in mikrokristallinen Gesteinen, mit Sicherheit zu bestimmen;
- 2) ihre kristallinische, glasartige, erdige oder staubförmige, ihre homogene oder inhomogene Beschaffenheit festzustellen;
- 3) die Verbindungsweise der einzelnen Bestandteile, auch in den sog. dichten, in Wirklichkeit meist mikrokristallinen Gesteinen, zu bestimmen;
- 4) einen etwaigen Verwitterungsgrad der einzelnen Gemengteile, wie er mitunter schon im Bruchgestein vorhanden ist, zu erkennen;
- 5) die Feststellung des Mengenverhältnisses der einzelnen Bestandteile in körnigen Gesteinen und desgleichen
- 6) des Verhältnisses dieser körnigen Bestandteile zu dem Bindemittel, bezw. der Poren zur Substanz des Gesteins.

255. Die Ausführung der mikroskopischen Untersuchung geschieht an Gesteins-Dünnschliffen, die namentlich für stärkere Vergrößerungen eine vollkommene Durchsichtigkeit besitzen müssen. Gute Präparate von kristallinischen Silikatgesteinen sollen eine Stärke von etwa 0,05 mm haben. Da man aber bei den meisten technischen Gesteinsuntersuchungen nur 40- bis 120malige Vergrößerungen anwendet, so genügen hierfür Schriffe von 0,2 bis 0,1 mm Dicke in der Regel vollkommen. Es sei dies besonders hervorgehoben, weil es für lockere, sedimentäre Gesteine schwer hält, dünnere Schriffe zu erzielen.

Die Herstellung der Dünnschliffe geschieht in der Weise, daß man aus dem Gestein etwa 1 bis 2 mm dicke Plättchen schneidet, dieselben auf einer Seite abschleift, mit dieser Seite auf ein Objektglas kittet und nunmehr auf einer gußeisernen ebenen Platte so dünn schleift, bis die gewünschte Durchsichtigkeit erreicht ist. Darauf wird das Präparat mit einem Deckgläschen versehen.

Als Kittmittel dient Kanadabalsam; zum Schleifen verwendet man Schmirgel. Sehr mürbe Gesteine und solche, welche in Wasser erweichen, werden vorher so lange in venetianischem Terpentin bei 120° C. erwärmt, bis sie vollständig davon durchzogen sind und ein herausgehobener Tropfen des Terpentins alsbald

vollkommen erstarrt. Selbst sehr weiche Gesteine lassen sich, auf diese Weise präpariert, gut schleifen¹⁾.

A. Die Ausstattung des Mikroskops für die Gesteinsanalyse.

256. Ein für diese Untersuchungen zweckmäßiges Mikroskop soll folgende Einrichtung haben:

- 1) Stativ mit Scharnier zum Umlegen des Instruments;
- 2) Tubus mit Trieb und Zahnstange zur groben Einstellung sowie mit Mikrometerschraube und geteiltem Kopf zur Feinstellung bzw. zur Messung der Tubusverschiebung, die bis auf 0,001 mm ablesbar sein soll;
- 3) drehbarer Objektisch mit Kreisteilung bis $\frac{1}{2}^{\circ}$ und Nonius zur Ablesung von Minuten des Drehungswinkels;
- 4) Zentriervorrichtung für das Objektivsystem;
- 5) Polarisationsvorrichtung; Polarisator mit Irisblende;
- 6) Einschiebevorrichtung für Gipsblättchen zur Erkennung schwacher Doppelbrechung und zur Hervorrufung lebhafterer Interferenzfarben behufs schärferer Abgrenzungen der einzelnen Mineralbestandteile des Gesteinsschliffes (Gipsblättchen: Rot I. Ordnung).
- 7) Planimeter-Okular zur Ausmessung der Strukturelemente des Objekts;
- 8) Vorrichtung zur Messung der ebenen Winkel an Kristalldurchschnitten und der Lage von Spaltungsrichtungen in denselben;
- 9) Beleuchtungsapparat für Beobachtung im auffallenden Licht zur Unterscheidung der Farben undurchsichtiger Mineralien;
- 10) Exnersches Mikrorefraktometer in Verbindung mit Irisblende zur Auflösung des mikroskopischen Bildes bei Verwachsungen von Mineralien mit verschiedenem Brechungsexponenten.

Für die spezielle optische Untersuchung, die jedoch bei der technischen Gesteinsprüfung nur in Einzelfällen zur Anwendung gelangt, sind noch folgende Ergänzungsapparate erforderlich:

- 11) Stauroskopisches Okular mit Calderon'scher, Bertrand'scher oder Stöber'scher Platte zur Bestimmung der Auslöschungsrichtung in orientierten Kristallschliffen;
- 12) Okulardichroskop zur Beobachtung des Pleochroismus;
- 13) Viertelundulations-Glimmerblättchen zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung;
- 14) Quarzkeil zur Ermittlung der Ordnung einer Interferenzfarbe;
- 15) Glimmerkomparator nach v. Federow zur Bestimmung des Unterschiedes des Brechungsexponenten in Richtung des ordinären und extraordinären Lichtstrahls;
- 16) Klein'sche Lupe, Beleuchtungseinrichtung mit Irisblende und Kondensorlinse zu Beobachtungen im konvergenten, polarisierten Licht;
- 17) Bertrand'sche Linse und Achsenwinkelapparat zur Messung der Winkel der optischen Achsen.

¹⁾ Gesteinsschneide- und Schleifmaschinen liefern: R. Fueß in Steglitz bei Berlin; M. Wolz in Bonn und Carl Benz in Mannheim.

Sämtliche vorgenannten Apparate werden von R. Fueß in Steglitz bei Berlin angefertigt. Näheres siehe: C. Leiß, Die optischen Instrumente der Firma R. Fueß, deren Beschreibung, Justierung und Anwendung. Leipzig 1899.

257. Für die optische Gesteinsuntersuchung ist eine große Zahl von Mikroskopen konstruiert worden, von denen wohl diejenigen von R. Fueß in Steglitz-Berlin die größte Verbreitung gefunden haben. Unter diesen eignet sich das große Modell Nr. VI mit drehbaren Nicols am besten für die technische Gesteinsprüfung, doch erscheinen für deren besondere Zwecke noch mancherlei Verbesserungen des Instruments erforderlich, insbesondere 1) größeres Gesichtsfeld, 2) Vermeidung der bisherigen Einschränkung desselben durch den über dem Okular angeordneten Analysator, 3) Ausstattung mit einer zweckmäßigen Oberbeleuchtung, 4) desgl. mit einer vollkommeneren Meßvorrichtung.

Nach Angabe des Verf. ist daher von Fueß ein neues Mikroskop konstruiert worden¹⁾, das den Anforderungen der technischen Gesteinsuntersuchung in erwünschter Weise entspricht (Fig. 61 S. 144).

Dem bisherigen Übelstande, daß durch den aufgesetzten Analysator, namentlich bei starken Okularen, das Gesichtsfeld außerordentlich beschränkt wurde²⁾, ist dadurch begegnet worden, daß der Analysator in den Tubus verlegt und durch eine besondere Einrichtung an die Drehvorrichtung angeschlossen worden ist. Im Innern des Tubus ist hierfür ein zweites drehbares Rohr angeordnet, welches das Okular *O*, den Analysator *N* und die Bertrand'sche Linse *B* aufnimmt und am oberen hinausragenden Ende durch das große Zahnrad Z_1 mit dem auf der Leitstange S_1 sitzenden Trieb r_1 in Verbindung steht. Der am äußeren Tubus befestigte und in einem Scharnier drehbare Winkelarm *o* ermöglicht die für gewisse Fälle erforderliche Feststellung des Okulars *O*.

Soll die Beobachtung im gewöhnlichen Licht ausgeführt werden, so wird der Analysator *N* durch den Federstift *f* bis an den kleinen Riegel *e* hinausgeschoben. Die hierbei erforderliche Stellung des inneren Tubus wird mittels einer schwachen Einschnappfeder markiert.

Diese Einrichtung des Instruments ermöglicht folgende Kombinationen:

1. Der Polarisator, Analysator und das Fadenkreuzokular drehen sich gleichzeitig.

Schaltung: Die unter dem Objektisch *T* befindliche Bremsschraube *b* wird gelöst; eine auf dem großen Okularteller T_1 befindliche (in der Figur

¹⁾ J. Hirschwald, Über ein neues Mikroskopmodell und ein „Planimeter-Okular“ zur geometrischen Gesteinsanalyse. Zentralblatt für Mineralogie usw. Jahrg. 1904, Nr. 20, S. 626 u. f.

²⁾ Für die meisten hier in Frage kommenden Untersuchungen werden starke Okulare mit schwachen Objektiven kombiniert, da es sich in der Regel nicht um bedeutende Vergrößerungen und Bildauflösungen, sondern, zumal bei unregelmäßig strukturierten Gesteinen, um Gewinnung eines möglichst großen Bildausschnittes des Objekts handelt.

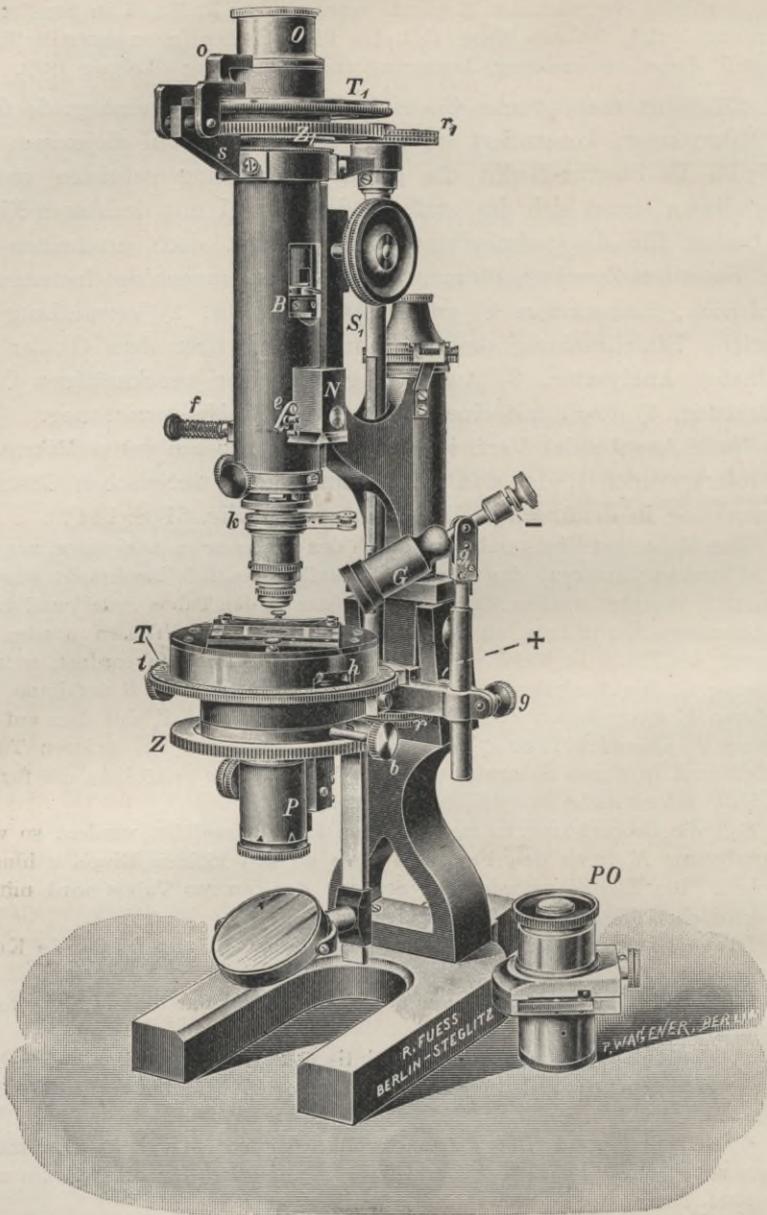


Fig. 61.

nicht sichtbare) Verbindungsschraube festgezogen und der am Nonienarm *s* angebrachte drehbare Winkelarm *o* nach außen geklappt, so daß das Okular sich mit dem inneren Tubus drehen kann.

2. Der Polarisator bleibt stehen; Analysator und Fadenkreuzokular drehen sich gleichzeitig.

Schaltung: Okularkreis T_1 wird auf 0° gestellt; Bremsschraube b (unter dem Tisch T) festgezogen; Verbindungsschraube auf dem Okularkreis T_1 gelöst; der Winkelarm o nach außen geklappt. Soll wieder zu der Schaltung 1 übergegangen werden, so stellt man den Okularkreis T_1 auf 0° , zieht die Verbindungsschraube auf T_1 fest und löst die untere Bremsschraube b .

3. Der Polarisator und Analysator drehen sich gleichzeitig, während das Okular stehen bleibt.

Schaltung: Wie zu 1., nur wird der Winkelarm o über den vorstehenden Stift am Okular zurückgeklappt, wie es Fig. 61 zeigt.

4. Der Polarisator und das Okular stehen fest, und nur der Analysator ist drehbar.

Schaltung wie zu 2., doch ist der Winkelarm o über den vorstehenden Stift am Okular zurückgeklappt.

Für technische Untersuchungen, bei denen es wegen der quantitativen Bestimmungen darauf ankommt, einen fest begrenzten Ausschnitt des Schliffes zu erhalten, finden vorzugsweise die Schaltungen 3 und 4 Verwendung.

Die Okulare haben ein stark erweitertes Gesichtsfeld und liefern eine etwa doppelt so große Bildfläche als die Linsensysteme der älteren Instrumente.

An Stelle der einfachen Blende ist ein Schieber eingefügt, der ein rundes und ein quadratisches Diaphragma enthält.

Letzteres ermöglicht die schnelle Bestimmung der Kornzahl in einer bestimmten Schlichtfläche. Für einigermaßen gleichkörnige Gesteine genügt hierzu die Auszählung an zwei rechtwinkligen Seiten der quadratischen Umgrenzung (Fig. 62).

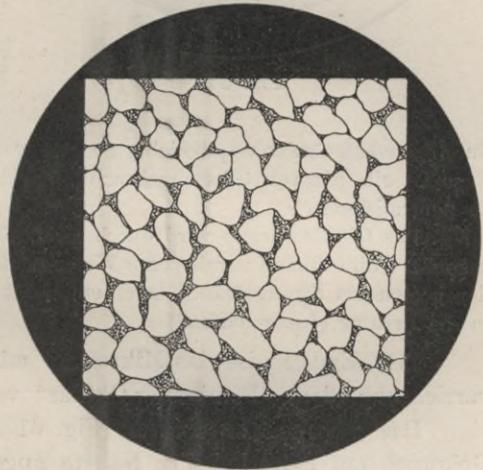


Fig. 62.

Die Bertrand'sche Linse B ist in üblicher Weise durch einen seitlichen Einschnitt im Tubus ein- und ausziehbar. Da die Linse in eingeschalteter Stellung mit dem inneren Tubus rotiert, so ist der kleine Griff des Schiebers B mittels eines Scharniers hochzuklappen.

Gips- und Glimmerblättchen werden in die Führung eingeschoben, welche sich an der unteren Gehäusefläche des Analysators befindet; sie behalten daher, bei Drehung des Analysators, ihre ursprüngliche Orientierung zu demselben, bzw. bei der Schaltung 1 und 3, auch zum Polarisator.

Für das rasche und sichere Absuchen eines Dünnschliffs ist dem Objektisch folgende einfache und bequeme Einrichtung gegeben worden (Fig. 63). Auf einer verschiebbaren Platte *S* sind rechtwinklig zu deren Bewegungsrichtung zwei parallele Lineale $b b_1$ angebracht, von denen das eine mit Feder-
vorrichtung versehen ist. Das Objektglas, welches zwischen diese Lineale eingeklemmt wird, ist somit in zwei Richtungen, nämlich innerhalb der Lineale und rechtwinklig dazu verschiebbar.

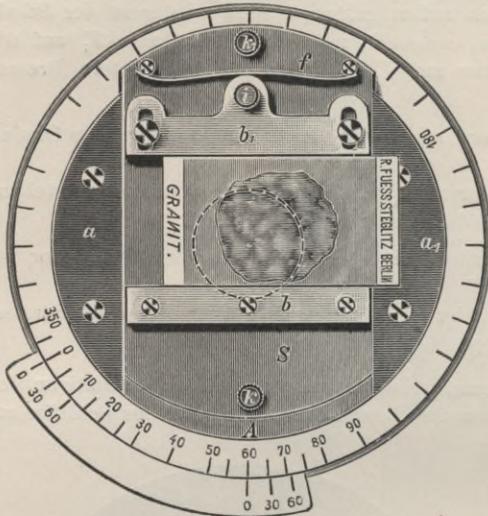


Fig. 63.

Oberflächenbeleuchtung. Um opake Bestandteile des Schliffes (Eisenkies, Magnetit, kohlige Substanzen, zum Teil auch ockerige Ausscheidungen und Eisenoxyd) im auffallenden Licht nach Farbe und bezw. nach dem Grad des Glanzes unterscheiden zu können, ist ein kleines elektrisches Glühlämpchen *G* (Fig. 61) mit dem Instrument so verbunden, daß es mittels der Klemmschraube *g* hoch und niedrig gestellt und

durch ein Kugelgelenk g_1 beliebig geneigt werden kann. Vor der Beleuchtungslinse ist ein blaues Glas angebracht, um das ungünstig wirkende gelbe Licht zu neutralisieren.

Das Glühlämpchen wird durch zwei Akkumulatoren von 4 Volt Spannung gespeist. Eine kleine regulierbare Widerstandsspirale ermöglicht die Anwendung der geeigneten Stromstärke. Auch empfiehlt es sich, einen Stromunterbrecher in die Leitung einzuschalten¹⁾.

258. Endlich ist das Mikroskop mit einer vervollkommeneten Meßvorrichtung, dem „Planimeter-Okular“ versehen.

Das **Planimeter-Okular** (Fig. 61 *PO* und 64, 65), über dessen Gebrauch auf Seite 167 das Nähere angegeben ist, enthält in Sehweite der Augenlinse eine auf Glas gezeichnete feststehende Ordinate, die auf 10 mm Länge in 0,2 mm geteilt ist und ferner in derselben Ebene eine mittels seitlichen Triebes verschiebbare, ebenfalls auf Glas gezeichnete Abszisse mit 0,1 mm Teilung auf 10 mm Länge. Demnach bestreicht die Abszisse, wenn sie an der Ordinate von 0 bis 10 verschoben wird,

¹⁾ Die für mikroskopische Untersuchung von Metallschliffen angewandte zentrale Oberflächenbeleuchtung mittels eines in den offenen Ausschnitt des Tubus eingesetzten Prismas hat sich für die Untersuchung von Gesteinsschliffen nicht als zweckmäßig erwiesen.

einen Flächenraum von 1 qcm (Fig. 65). Die Linsen entsprechen denen der Fueßschen Okulare Nr. 3; doch können sie ausgewechselt und für grobkörnige Gesteine durch schwächere Linsen ersetzt werden¹⁾.

Diese Vorrichtung ermöglicht:

- 1) die Flächenausmessung der einzelnen körnigen Gesteinsbestandteile nach der Rosiwalschen Methode²⁾ und demnach die Bestimmung des Mengenverhältnisses der verschiedenen Gemengteile zueinander (s. Abs. 275 u. f.);
- 2) die Ausmessung der Gesteinsporen bzw. des Bindemittelgehalts nach derselben Methode;
- 3) die Bestimmung des Bindungsmaßes der körnigen Bestandteile (s. Prüfung d. Sandsteine),

sowie alle sonstigen linearen Messungen.

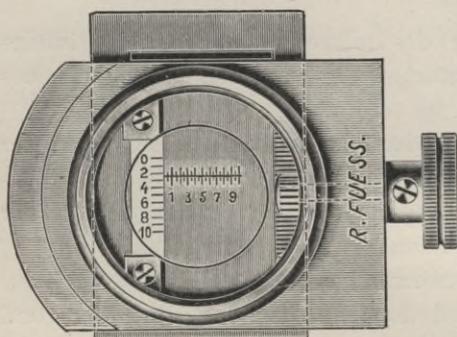


Fig. 64.

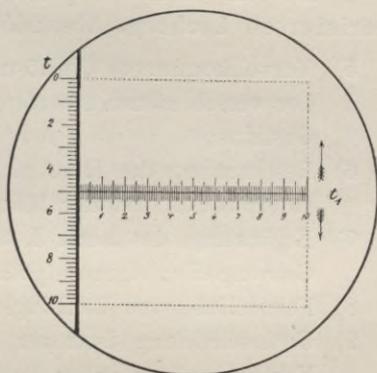


Fig. 65.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß auf der verschiebbaren Glasplatte zwei zur Abszisse parallele Linien angebracht sind, welche sich sehr bequem zur Messung ebener Winkel an mikroskopischen Kristallen verwenden lassen.

¹⁾ Die Teilstriche der Abszisse befinden sich nur an der unteren Seite dieser Linie, sind also nicht durchgezogen, wie in Fig. 65, da sonst das Gesichtsfeld zu sehr bedeckt und die Ablesung erschwert wird.

²⁾ A. Rosiwal, Über geometrische Gesteinsanalysen usw. Verhandl. der k. k. geolog. Reichsanstalt zu Wien 1898, S. 143 u. f.

B. Übersicht der mittels des Mikroskops ausführbaren Bestimmungen.

259. I. Mikroskopische Untersuchung im gewöhnlichen Licht bei einer 40- bis 200maligen Vergrößerung¹⁾:

- 1) Feststellung der Größe und Form bezw. der Kristallausbildung der Mineralgemengteile des Gesteins;
- 2) Erkennung der Interpositionen der einzelnen Mineralien (Hohlräume, Gasblasen, Flüssigkeitseinschlüsse);
- 3) Erkennung des Verwitterungsgrades der Gemengteile;
- 4) Ausmessung des quantitativen Verhältnisses der einzelnen Gemengteile körniger Gesteine; des Verhältnisses der Poren zur Gesteinssubstanz und der körnigen Bestandteile zu dem Bindemittel der klastischen Gesteine (s. Abs. 274 u. f.).

260. II. Mikroskopische Untersuchung im parallelen polarisierten Licht (s. Abs. 265):

- 5) Vervollkommnete Auflösung des mikroskopischen Bildes infolge der verschiedenen Interferenzfarben der einzelnen Gemengteile des Gesteins;
- 6) Bestimmung der Homogenität der einzelnen Mineralien bezw. der Interposition fremder Mineralien;
- 7) Ergänzung des nach I. 3 festgestellten Verwitterungsgrades der Gemengteile; Aggregatpolarisation;
- 8) Feststellung von Zwillingsverwachsungen;
- 9) Unterscheidung isotroper und doppeltbrechender Mineralien und Erkennung amorpher, glasartiger und porodiner Substanzen in kristallinen Gesteinen (s. Abs. 267);
- 10) Bestimmung der Auslöschungsrichtung;
- 11) Erkennung des Pleochroismus.

261. III. Mikrochemische Untersuchung der Gesteinschliffe (s. Abs. 268—273):

- 10) Behandlung der Schliffe mit Säuren;
- 11) Färbung der mit Salzsäure behandelten Schliffe durch Fuchsin, Methylviolett usw.

¹⁾ Nur in besonderen Fällen, wie z. B. bei der Untersuchung dichter Kalksteine und des Bindemittels in sedimentären Gesteinen, ist eine stärkere, 400- bis 900malige Vergrößerung erforderlich.

C. Kurze Erläuterungen zur Ausführung der mikroskopischen Untersuchungsmethoden.

262. Die vielseitige Anwendbarkeit der mikroskopischen Mineraluntersuchung hat die Begründung mannigfacher Spezialmethoden und die Konstruktion zahlreicher, ihrer Ausführung dienender Apparate zur Folge gehabt. In nachfolgendem sind diejenigen dieser Methoden kurz erläutert, welche für die vorliegenden praktischen Zwecke der Gesteinsuntersuchung am geeignetsten erscheinen¹⁾.

a) Allgemeines über die Bestimmung der Gesteinsgemengteile mittels des Mikroskops.

263. Die Beobachtung eines Gesteinsschliffes unter dem Mikroskop gibt nicht nur ein übersichtliches Bild der allgemeinen Strukturverhältnisse des Gesteins, sondern gestattet unter Umständen auch ohne weiteres die Bestimmung der einzelnen Mineralgemengteile. Einen Anhalt hierfür können folgende, im Dünnschliff hervortretende Erscheinungen der gesteinsbildenden Mineralien gewähren:

- 1) Die Farbe. Es sind z. B. Quarz, Feldspat, Kaliglimmer, Nephelin, Leucit farblos, während Granat rötlich, Chlorit grün, Biotit braun oder grün, Hornblende und Augit farblos, braun oder grün, Olivin grünlich-gelb gefärbt erscheint;
- 2) die Spaltungsverhältnisse, die meist durch auftretende Spaltlinien erkennbar sind;
- 3) die Mikrostruktur und Kristallumgrenzung der Gemengteile. Typische Beispiele hierfür sind in Fig. 66 bis 78 auf S. 150 u. 151 abgebildet;
- 4) das Auftreten von Gas- oder Flüssigkeitsporen in charakteristischer Form und Anordnung. So zeigt z. B. der Quarz im Granit gewöhnlich eine reihenförmige Anordnung kleiner elliptischer Poren, während der Feldspat häufig unregelmäßige kleine Hohlräume, durchsetzt von Spaltlinien, aufweist (s. Fig. 66);

¹⁾ Eingehende Anleitung zur mikroskopisch-optischen Gesteinsuntersuchung gewähren: Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. Stuttgart 1892; neue Auflage: Rosenbusch-Wülfing 1904. — Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, Leipzig 1893. — Empfehlenswerte Kompendien sind: E. Weinschenk, Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskops. Derselbe, Die gesteinsbildenden Mineralien. Freiburg i. Br. 1901. — R. Reinisch, Petrographisches Praktikum I und II. Berlin 1904. F. Rinne Das Mikroskop, Hannover 1900.

- 5) das reliefartige Hervortreten von Mineralien mit höherem Brechungs-exponenten, wie es namentlich bei schiefer Beleuchtung des Objekts oder bei Anwendung des Exner'schen Mikrorefraktometers zu erkennen ist.

Beispiele für die Mikrostruktur und Kristallumgrenzung von Gesteins-gemengteilen.

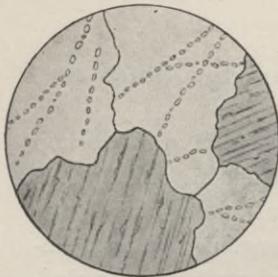


Fig. 66. Quarz und Feldspat.

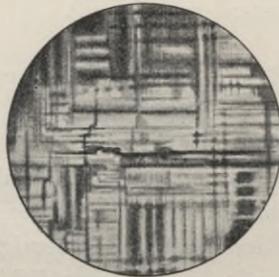


Fig. 67. Mikroklin.

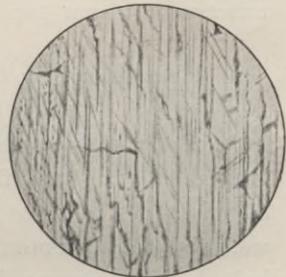


Fig. 68. Diallag.

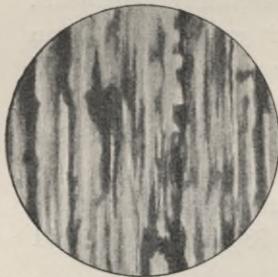


Fig. 69. Bronzit.

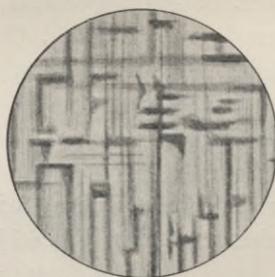


Fig. 70. Hypersthen.

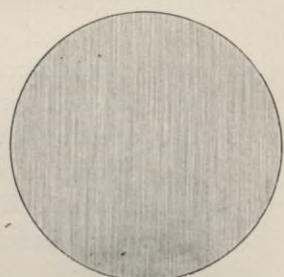


Fig. 71. Enstatit.

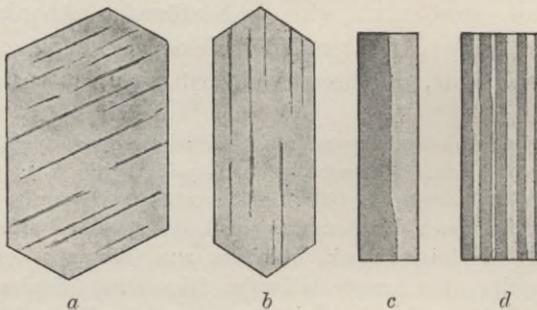
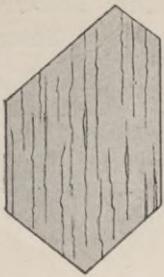


Fig. 72. *a b c* Orthoklas; *d* Plagioklas.

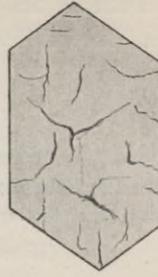


a

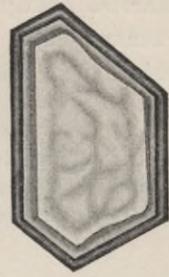


b

Fig. 73. a b Hornblende.



a



b

Fig. 74. a b Augit.



Fig. 75. Nephelin.

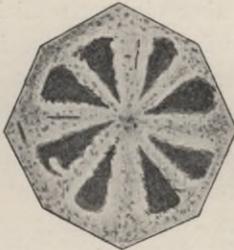


Fig. 76. Leucit.



Fig. 77. Nosean.



Fig. 78.
Serpentinisierter
Olivin.

264. Kommen im Gesteinsschliff undurchsichtige Gemengteile vor, z. B. Eisenkies, Magneteisen oder kohlige Substanzen, so erscheinen dieselben im durchfallenden Lichte vollkommen schwarz.

Zur sicheren Unterscheidung dieser Gesteinsbestandteile bedient man sich der Oberflächenbeleuchtung des Objekts mittels der in Abs. 257 S. 146 beschriebenen Vorrichtung.

Im auffallenden Licht (elektrisches Glühlicht oder Sonnenlicht) erscheinen:

Eisenkies: goldgelb, metallglänzend;

Magneteisen: grünlich-grau, halbmattglänzend;

Kohlige Substanzen: schwarz und matt.

Auf die gleiche Weise, und zwar wesentlich deutlicher als im durchfallenden Licht, lassen sich die pulverförmigen Einlagerungen von Eisenoxyd und Eisenoxyd erkennen, welche eine intensiv rote bzw. braune bis gelbe Farbe zeigen. Auch die Unterscheidung von Mineralien mit wenig verschiedener Durchsichtigkeit gelingt im auffallenden Lichte in sehr vollkommener Weise. So erscheint z. B. Quarz wasserhell,

während Feldspat, auch in frischem Zustande, eine milchige Trübung erkennen läßt. Im durchfallenden Lichte verschwinden diese Unterschiede fast vollständig.

b) Anwendung des parallelen polarisierten Lichts zur Auflösung des mikroskopischen Bildes, wie zur Erkennung der Zwillingsbildung, der Homogenität, der Interpositionen und des ev. Verwitterungsgrades der Mineralien.

(Hierzu Taf. I—VI.)

265. Da in den Dünnschliffen die Farben- und Durchsichtigkeitsunterschiede der einzelnen Gemengteile mehr oder weniger verloren gehen, so ist die Abgrenzung derselben nicht immer mit wünschenswerter Schärfe zu erkennen. Es gibt aber ein vortreffliches Mittel, die gesamten Strukturverhältnisse des Gesteins sehr präzise in dem mikroskopischen Bilde hervortreten zu lassen. Dasselbe besteht in der Anwendung des polarisierten Lichtes. Es sei hierzu folgendes bemerkt:

Die felsbildenden Mineralien sind mit wenigen Ausnahmen doppelbrechende Medien. Bei der außerordentlichen Dünne der Gesteinslamelle haben die beiden gebrochenen Strahlen aber nur einen sehr geringen Gangunterschied, und bei Anwendung des polarisierten Lichts interferieren dieselben deshalb, d. h. sie beeinflussen sich derartig, daß die gleichgerichteten Schwingungen sich verstärken, die entgegengesetzt gerichteten sich schwächen bzw. ganz aufheben. Den einzelnen Schwingungsphasen entsprechen aber die Farben, aus denen das weiße Licht zusammengesetzt ist, und wenn einzelne dieser Farben ausgelöscht werden, dann kann das Licht nicht mehr weiß erscheinen, sondern es tritt die Komplementärfarbe der ausgelöschten Schwingungen auf. Demgemäß erscheint jedes Mineralpartikel in dem Schliff mit einer bestimmten Interferenzfarbe, die, abgesehen von der Dicke, abhängig ist von der Stärke der Doppelbrechung des betreffenden Materials und der Richtung, in welcher der polarisierte Lichtstrahl durch das Kristallkorn hindurchgeht. Dreht man das Nicolsche Prisma und damit die Schwingungsrichtung des polarisierten Strahls, so ändern sich die Interferenzfarben, und es läßt sich nunmehr diejenige Stellung auswählen, bei der die Farbenkontraste am stärksten sind, bei der also auch die Struktur des Gesteins am schärfsten hervortritt.

Als Beispiele für die hier in Rede stehende Wirkung des polarisierten Lichtes mögen die auf den nachfolgenden Tafeln I—VI abgebildeten Mikrophotographien einiger kristallinischer Silikatgesteine dienen.

Mikrophotographische Abbildungen
von Gesteins-Dünnschliffen
im gewöhnlichen und polarisierten Licht

Die farbigen photographischen Aufnahmen sind nach dem Lumière'schen Verfahren, unter Anwendung eines Gipsblättchens Rot I. Ordnung, von Herrn Prof. Dr. W. Scheffer bewirkt worden.

1. Granit von Striegau. Taf. I Fig. 1 und 2.

Im gewöhnlichen Licht (Fig. 1) erscheint der Quarz in klaren, durchsichtigen, isolierten Körnern, der Feldspat in etwas trüben, zusammenhängenden Partien, der Glimmer in dunklen, zerstreuten Lamellen.

Im polarisierten Licht (Fig. 2) sind die einzelnen Gemengteile, infolge ihrer kontrastierenden Interferenzfarben, scharf gegeneinander abgegrenzt und man erkennt, daß dieselben unmittelbar, d. h. ohne ein besonderes Zement, miteinander verbunden sind.

Das polarisierte Licht bietet also ein vortreffliches Hilfsmittel, die Art der Kornbindung auf das genaueste zu bestimmen.

Ferner ist zu bemerken, daß alle homogenen, unzersetzten Mineralien mit einheitlicher Interferenzfarbe auftreten, wie das beim Quarz der Fall ist. Der Feldspat, welcher, wie schon an der trüben Beschaffenheit im gewöhnlichen Licht erkennbar war, nicht mehr vollkommen frisch ist, erscheint demgemäß in den einzelnen Körnern nicht ganz gleichmäßig gefärbt, z. T. zeigen sich schon, infolge der Ausscheidung von Zersetzungsprodukten, Andeutungen sog. Aggregatpolarisation.

Die geringsten Spuren der Verwitterung sind auf diese Weise erkennbar.

Granit von Striegau.

Vergrößerung 8 ×



Fig. 1. Im gewöhnlichen Licht.



Fig. 2. Im polarisierten Licht

2. Schriftgranit (Pegmatit) von Hitteroe. Taf. II Fig. 1 und 2.

Im gewöhnlichen Licht (Fig. 1) erkennt man eine schwach wolkig getrübe, feldspatige Grundmasse, in welcher rudimentäre Quarzkristalle parallel eingewachsen sind.

Im polarisierten Licht (Fig. 2) treten in der Grundmasse schwache Verwitterungserscheinungen nebst eingelagerten Quarzkörnchen hervor. Wären die größeren, rudimentären Quarzkristalle vollkommen parallel gestellt, so müßten sie die gleiche Interferenzfarbe zeigen. Das ist aber nicht durchgehends der Fall, und es gibt sich die geringfügige Lagenänderung, infolge der abweichenden Elastizität in Richtung des durchgehenden Lichtstrahls, durch stark kontrastierende Interferenzfarben zu erkennen.

Wie hier die unbedeutende Elastizitätsdifferenz, so ruft jede Strukturänderung der Gesteinsbestandteile eine gleich markante Polarisationswirkung hervor.

Schriftgranit (Pegmatit) von Hitteroe.

Vergrößerung 8 ×

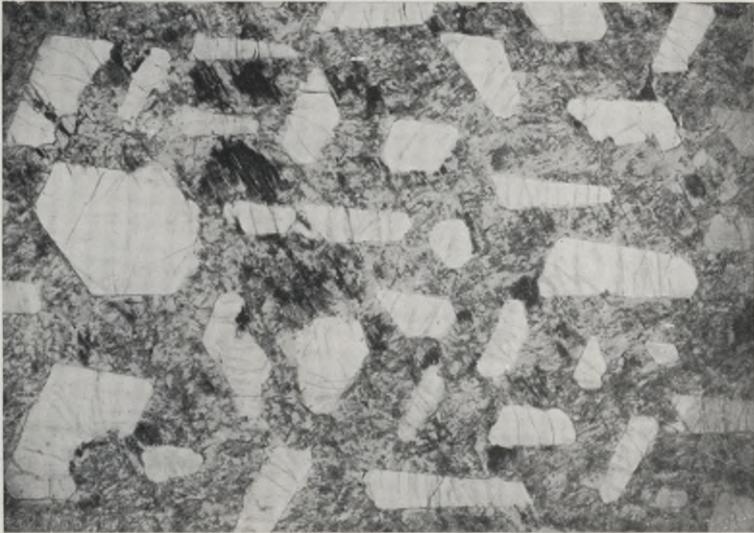


Fig. 1. Im gewöhnlichen Licht.

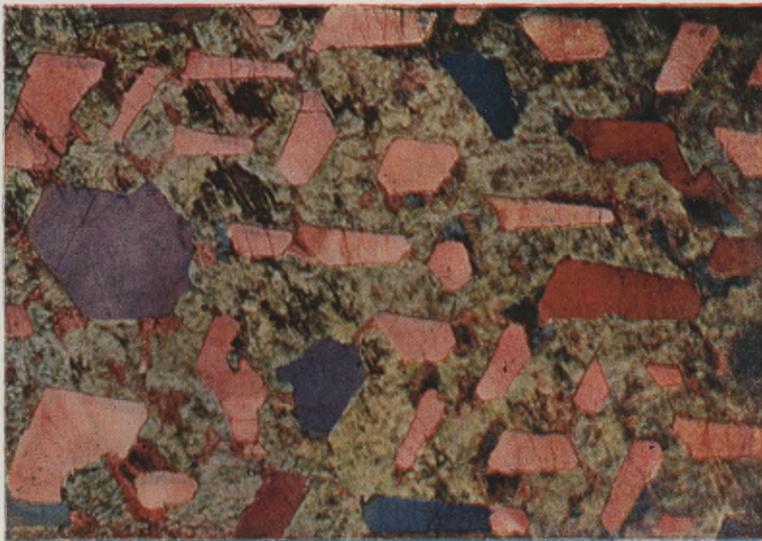


Fig. 2. Im polarisierten Licht.

3. Diorit von Måbergtua in Schweden. Taf. III Fig. 1 und 2.

Im gewöhnlichen Licht (Fig. 1) erscheint die Feldspat-Grundmasse, abgesehen von feinen Rissen, nahezu homogen; die Hornblende ist in ausgefransten Körnern eingelagert.

Polarisiert man aber das Licht (Fig. 2), dann enthüllt sich die wirkliche Struktur des Gesteins. Nun erkennt man, daß die Grundmasse nicht homogen ist, sondern aus einem Gewirr kleiner Feldspat-kriställchen besteht, von denen jedes eine feine farbige Streifung zeigt, hervorgerufen durch polysynthetische Zwillingsbildung.

Das Auftreten einer solchen Zwillingsstreifung gibt aber Aufschluß über die Varietät des Feldspats. Die Kalifeldspate zeigen solche Streifung niemals, dagegen tritt dieselbe fast stets bei den leichter verwitterbaren Kalknatronfeldspäten auf.

An dem folgenden Gestein auf Taf. IV ist diese Erscheinung noch deutlicher wahrnehmbar.

Diorit von Måbergtua.

Vergrößerung 9 ×

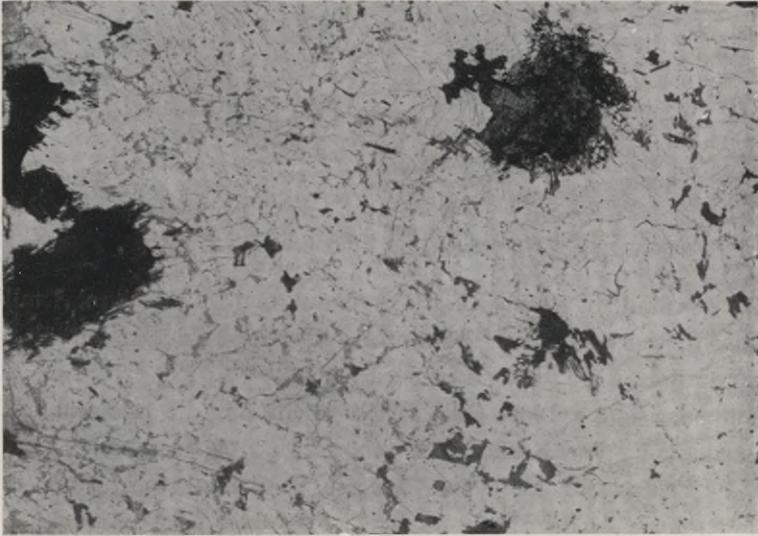


Fig. 1. Im gewöhnlichen Licht.



Fig. 2. Im polarisierten Licht.

4. Melaphyrporphyr von Elbingerode. Taf. IV Fig. 1 und 2.

Im gewöhnlichen Licht (Fig. 1) erkennt man eine mikrokristalline Grundmasse, welche größere Feldspatkristalle eingeschlossen enthält, die nahezu parallele Risse aufweisen.

Im polarisierten Licht (Fig. 2) tritt nicht nur die mikrokristalline Zusammensetzung der Grundmasse schärfer hervor, sondern es zeigen auch die Feldspatkristalle eine äußerst markante, polysynthetische Zwillingsstreifung, wodurch sie sich als Plagioklas (Kalknatronfeldspat) zu erkennen geben.

Melaphyrporphyr von Elbingerode.

Vergrößerung 10 ×

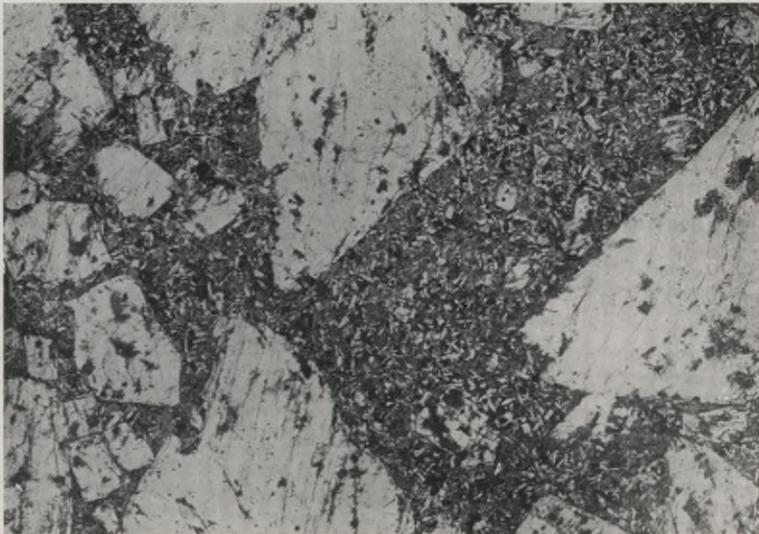


Fig. 1. Im gewöhnlichen Licht.



Fig. 2. Im polarisierten Licht.

5. Granit von Schreiberhau. Taf. V Fig. 1 und 2.

Im gewöhnlichen Licht (Fig. 1) erscheint der Quarz in isolierten Körnern, der Feldspat in zusammenhängenden, ziemlich trüben Massen.

Im polarisierten Licht (Fig. 2) erkennt man an der durch sekundäre Ausscheidungen hervorgerufenen Aggregatpolarisation, daß der Feldspat bereits sehr stark zersetzt ist. Das Gestein ist dadurch derartig aufgelockert, daß es dem Schleifen keinen genügenden Widerstand entgegenzusetzen vermochte und deshalb rissig geworden ist.

Granit von Schreiberhau.

Vergrößerung 8 ×



Fig. 1. Im gewöhnlichen Licht.



Fig. 2. Im polarisierten Licht.

6. Felsitporphyr von Halle a. S. Taf. VI Fig. 1 und 2.

Im gewöhnlichen Licht (Fig. 1) erscheint die Grundmasse mikrogranulös; von den Einsprenglingen sind die Quarzkörner völlig durchsichtig, die Feldspatkristalle von trüber Beschaffenheit.

Im polarisierten Licht (Fig. 2) tritt die mikrokristalline Beschaffenheit der Grundmasse deutlich hervor. Die eingesprengten Quarzkörner zeigen eine homogene Färbung, die Feldspatkristalle dagegen eine stark ausgeprägte zonare Zersetzung mit deutlicher Aggregatpolarisation infolge sekundärer Ausscheidungen.

Felsitporphyr von Halle.

Vergrößerung 8 ×

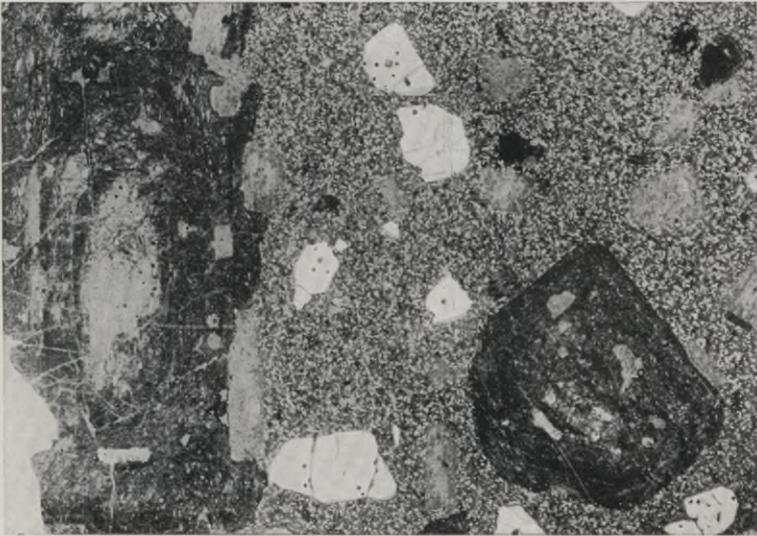


Fig. 1. Im gewöhnlichen Licht.



Fig. 2. Im polarisierten Licht.

266. Da der Verwitterungsgrad, welchen die einzelnen Mineralbestandteile der kristallinen Felsarten bereits im Bruchgestein zeigen, von hervorragender Bedeutung für die Beurteilung ihrer Wetterbeständigkeit ist und die betreffenden Verhältnisse unter dem Mikroskop auf das bestimmteste zu erkennen sind, so sei hier nochmals folgendes hervorgehoben.

Jedes einheitliche, frische Kristallkorn besitzt eine durchaus gleichmäßige Interferenzfarbe. Die im Kristall etwa befindlichen Interpositionen fremder Mineralien, wie auch die durch Verwitterung entstandenen Neubildungen, sind daher, zufolge ihrer abweichenden Farbentöne, leicht zu erkennen, und es beruht hierauf die Anwendung des polarisierten Lichts zur Bestimmung des Verwitterungsgrades der Gesteinsgemengteile. Man kann die Erscheinungsweise dieses Umwandlungsprozesses im allgemeinen wie folgt klassifizieren:

Erstes Stadium: Es zeigt sich in der homogenen Mineralmasse eine leichte Trübung, wie sie z. B. bei eisenhaltigen Silikaten durch Ausscheidung von Eisenoxydhydrat bewirkt wird. Mitunter tritt in Verbindung mit dieser Erscheinung auch stellenweise eine schwache Änderung der Interferenzfarbe im polarisierten Licht hervor.

Zweites Stadium: Ausscheidung von Zersetzungsprodukten in Form deutlich pulverförmiger oder kristallinischer Aggregate in der zum größten Teil noch homogenen Grundmasse. Die Zersetzung geht entweder von der Oberfläche des Kristallkornes aus oder von vorhandenen Spalten und Rissen; in selteneren Fällen beginnt dieselbe in der Mitte, namentlich wenn Poren oder fremde Interpositionen vorhanden sind. Bei Kristallen mit Zonarstruktur pflegt sich die Verwitterung zuerst an den Grenzen der Lamellen bemerkbar zu machen. Kristallinische Neubildungen verraten sich durch ihre Aggregatpolarisation.

Drittes Stadium: Umwandlung der ganzen Masse in ein Aggregat pulverförmiger oder kristallinischer, aber noch fest zusammenhängender Zersetzungsprodukte mit Aggregatpolarisation.

Viertes Stadium: Vollständige Desaggregation des Minerals unter Bildung teils pulverförmiger, teils kristalliner lockerer Verwitterungsprodukte.

c) Erkennung amorpher (glasartiger oder porodiner) Substanzen in kristallinen Gesteinen.

267. Während die doppeltbrechenden Mineralien bei gekreuzten Nicols mehr oder weniger lebhaft Interferenzfarben zeigen, die sich bei Drehung des Schliffes stetig ändern, erscheinen die regulär kristallisierenden und die amorphen Mineralien beständig dunkel. Wendet man ein dünnes Gipsblättchen an, so zeigen die letztgenannten Substanzen, bei Drehung des Objekts, die unveränderte Interferenzfarbe des Gipsblättchens. Die gleiche Erscheinung wie diese isotropen Medien zeigen übrigens auch optisch einachsige Kristalle, welche im

Gesteinsschliff so orientiert sind, daß ihre kristallographische Hauptachse senkrecht zur Schlibbene steht.

Eine Unterscheidung zwischen den regulär kristallisierenden und den amorphen Mineralien ist durch die morphologische Ausbildung derselben zu ermöglichen. Die regulären gesteinsbildenden Mineralien (Granat, Leucit, Hauyn, Nosean) treten meist mit deutlicher Kristallumgrenzung oder in rundlichen Körnern auf, während die amorphen Substanzen in der Regel als Ausfüllung der Zwischenräume, welche von den umgrenzenden Kristallkörnern gebildet werden, vorkommen oder aber als Interpositionen in kristallisierten Mineralien und dann in Form kugelig oder eiförmiger, tropfenartiger oder stengeliger Gebilde.

d) Die mikrochemische Untersuchung der Dünnschliffe.

268. In manchen Fällen kann es erforderlich werden, die mikroskopisch-optische Untersuchung des Gesteinsschliffes durch eine chemische Prüfung desselben zu ergänzen. Handelt es sich darum, Aufschluß über die Verteilung optisch schwer bestimmbarer Gesteinsgemengteile zu erhalten, welche sich durch ihr chemisches Verhalten, z. B. durch ihre Auflöslichkeit in Säuren, von den übrigen unterscheiden, so kann unter Umständen der ganze Schliff mit dem chemischen Reagens, bezw. also mit der Säure bedeckt werden, um so die löslichen Bestandteile anzuzüßen und auf diese Weise erkennbar zu machen. Sollen aber nur bestimmte Mineralkörner auf ihre chemische Natur untersucht werden, so muß man dieselben derartig isolieren, daß die anzuwendenden chemischen Agentien nicht auch die benachbarten Gemengteile angreifen. Zu diesem Zweck klebt man ein durchlohtes Deckgläschen so auf den Dünnschliff, daß das zu prüfende Mineralkörnchen unter die kleine Öffnung des Deckgläschens zu liegen kommt. Beabsichtigt man Reagentien anzuwenden, welche das Deckgläschen angreifen würden, z. B. Flußsäure, so überzieht man den ganzen Dünnschliff mit einer Schicht von Kanadabalsam und entfernt dieselbe über dem zu prüfenden Mineralkörnchen mittels einer Nadel.

Auch kann man sich zu dem gleichen Zweck eines durchlochten, dünnen Zelluloidplättchens bedienen, das auf den Gesteinsschliff mit Kanadabalsam aufge kittet wird.

269. Die häufigsten zur Anwendung kommenden chemischen Untersuchungsmethoden sind die folgenden:

Man bedeckt den Schliff mit einer möglichst dünnen Schicht von Salzsäure. Nephelin, Anorthit, Olivin, Hauyn, Analcim und andere Zeolithe werden dadurch unter Abscheidung von Kieselgallerte zersetzt. Die überschüssige Säure wird vorsichtig mit Wasser, dem zuletzt einige Tropfen Ammoniak zugesetzt worden sind, abgespült. Alsdann gibt man auf das Präparat einen Tropfen sehr verdünnter Lösung von Fuchsin oder Methylviolett und spült den überschüssigen

Farbstoff nach einiger Zeit mit Wasser sorgfältig ab. Die auf den zersetzten Silikaten abgeschiedene dünne Schicht von Kiesalgallerte erscheint nunmehr mit dem Farbstoff imbibiert, während die unzersetzten Gemengteile ungefärbt geblieben sind. In gleicher Weise kann man die Untersuchung mit Kieselflußsäure ausführen, um Orthoklas oder andere in Salzsäure unzersetzbare Silikate von Quarz zu unterscheiden.

Will man solche Präparate aufbewahren, so wird die über den zersetzten Bestandteilen gebildete Farbhaut mittels Alkohol entwässert, der Schliff alsdann einige Minuten in Benzol gelegt, mit einem Tropfen Lavendelöl benetzt und schließlich mit einem Deckgläschen versehen.

Durch längere oder kürzere Einwirkung der Kieselflußsäure kann man sogar die verschiedenen Feldspatvarietäten in einem Gesteinsschliff unterscheiden. Orthoklas nimmt die Färbung weit schwieriger an als die Plagioklase, und unter diesen färben sich die kalkreichsten am stärksten.

Anmerkung. Die bei der Silikatzersetzung pulverförmig abgeschiedene Kieselsäure wird durch Farblösung nicht imbibiert.

270. Soll die Verteilung geringer Mengen von Karbonaten im Gestein nachgewiesen werden, so verfährt man am besten so, daß man den Dünnschliff mit Wasser bedeckt, ein Deckgläschen darauf legt und am Rande desselben einen Tropfen Salzsäure hinzufügt. Durch Diffusion der Säure findet eine langsame Einwirkung auf die zerstreut liegenden Karbonatkörnchen statt, und die sich bildenden Kohlensäurebläschen bleiben an der Entwicklungsstelle haften.

271. Zur Unterscheidung von Kalk- und Dolomitspat kann man sich des von Lemberg¹⁾ vorgeschlagenen Verfahrens bedienen. Man löst 4 Teile trockenes Chloraluminium in 60 Teilen Wasser, gibt 6 Teile Blauholz hinzu, kocht 25 Minuten unter Umrühren und Ersatz des verdampften Wassers und filtriert die tief violette Lösung. Behandelt man einen Gesteinsschliff, welcher Calcit und Dolomit enthält, 10 Minuten mit dieser Lösung, so erscheint, nach vorsichtigem Abspülen mit Wasser, der Calcit violett gefärbt, während sich auf dem Dolomit keine oder nur eine sehr unbedeutende Farbhaut abgelagert hat.

272. Eine universelle Methode zur Untersuchung von Silikaten hat Bořický²⁾ angegeben. Dieselbe gründet sich auf die Eigenschaft der Kieselfluorwasserstoffsäure, beim Verdunsten Fluorwasserstoff zu entwickeln und dadurch Silikate, selbst ohne Anwendung von Wärme, sehr energisch zu zersetzen. Die beim Verdunsten der Säure sich bildenden Fluorsiliciumsalze von Kalium, Natrium, Lithium, Calcium und Magnesium, sowie von Eisen und Mangan zeigen sehr charakteristische Kristallformen und sind dadurch leicht unterscheidbar. Ein Übelstand der Methode liegt in der gleichzeitigen Bildung von Aluminiumdoppelfluoriden, welche nicht deutlich kristallisieren, sondern als kristallinische, weiße Kruste auftreten, wodurch die Beobachtung der anderen Kristallbildungen oft erschwert wird. Es ist daher zu empfehlen, die Säure nicht vollständig eintrocknen zu lassen.

273. Behufs Untersuchung der in Salzsäure oder Schwefelsäure zersetzbaren Bestandteile verfährt man am besten so, daß man die Säure, nachdem sie längere Zeit eingewirkt hat, mittels eines Kapillarröhrchens abzieht und auf verschiedene Objektgläser in einzelnen Tropfen verteilt, die man alsdann, unter

¹⁾ Zeitschrift d. d. geolog. Ges. XL, 1888, S. 357.

²⁾ Archiv der naturw. Landesdurchforschung v. Böhmen III, 5. Prag 1877.

Zusatz der gebräuchlichen mikrochemischen Reagentien, auf Alkalien, Erdalkalien, Aluminium, Eisen usw. untersucht.

Näheres hierüber siehe:

K. Haushofer, Mikroskopische Reaktionen. Braunschweig 1885. Th. H. Behrens, Anleitung zur mikrochemischen Analyse. Hamburg u. Leipzig 1895.

e) Ausmessung des Mengenverhältnisses der einzelnen Mineralbestandteile körniger Gesteine in Dünnschliffen.

274. Die zuerst von M. A. Delesse¹⁾ angegebene Methode beruht auf der Annahme, daß die Summe des Flächeninhalts der einzelnen Gesteinsgemengteile, wie solche auf einer Schliifffläche des Gesteins erscheinen, zueinander in demselben Verhältnis stehen, wie das Volumen derselben.

Delesse schließt die mathematische Begründung dieses Satzes mit folgender Betrachtung: Wenn man annimmt, daß die durch eine Serie paralleler Ebenen erhaltenen Durchschnitte der einzelnen Mineralgemengteile nahezu konstant sind, so setzt dies einen Fall voraus, welcher in der Natur dann eintritt, wenn das Gestein aus gleichmäßig verteilten Mineralien besteht; infolgedessen wird für dasselbe Gestein das Volumenverhältnis der zusammensetzenden Mineralien ungefähr gleich dem Verhältnis der Fläche sein, welche dieselben in den Schnittebenen besitzen, oder wenigstens ist es gewiß, daß es zwischen dem erhaltenen Maximal- und Minimalwert dieser Flächen liegt.

Die Art und Weise, wie Delesse diese geometrische Gesteinsanalyse praktisch ausführte, war aber eine sehr unvollkommene und mühsame. Er klebte die Abbildung eines Gesteinsschliffes auf ein Blatt Stanniol, schnitt die vorher mit der gleichen Farbe kolorierten gleichen Gemengteile vorsichtig heraus, löste alsdann das Papier von den Stanniolschnitzeln ab und bestimmte deren Gewicht. Daraus ließ sich dann die Flächensumme jedes Bestandteils berechnen.

Genauere Resultate lassen sich durch die direkte mikroskopische Ausmessung der einzelnen Mineraldurchschnitte mittels eines netzförmigen Okularmikrometers erzielen. Aber auch diese Methode ist äußerst umständlich und zeitraubend.

275. Dagegen hat A. Rosiwal²⁾ die Ausmessungsmethode in einer für den praktischen Gebrauch sehr zweckmäßigen Weise vereinfacht,

¹⁾ Comptes rendus XXV, Nr. 16, 1847, S. 544. Annales des mines, 4 Ser., XIII, 1848, S. 379. Procédé mécanique pour déterminer la composition des roches. Paris 1862.

²⁾ A. Rosiwal, Verh. d. k. k. geolog. Reichsanstalt. Wien 1898. S. 143 u. f.

indem er, unter Anwendung eines Netzliniensystems, die Bestimmung der Flächengröße auf eine Längenmessung reduziert. Die Rosiwal'sche Methode stützt sich auf den Satz:

Das Verhältnis der Gesamtlänge aller Meßlinien (Fig. 79, 1 bis 20 und a bis k) zur Summe der auf die einzelnen Gesteinsbestandteile entfallenden Linienabschnitte („Mengen-Indikatrix“) ist näherungsweise gleich dem Verhältnis zwischen der Gesamtfläche und den Flächenanteilen der bezüglichen Komponenten.

Über die theoretische Begründung dieses Satzes siehe Rosiwal a. a. O. Will man sich auf praktische Weise von dem Grade der Zuverlässigkeit einer solchen Flächenausmessung überzeugen, so kann dies

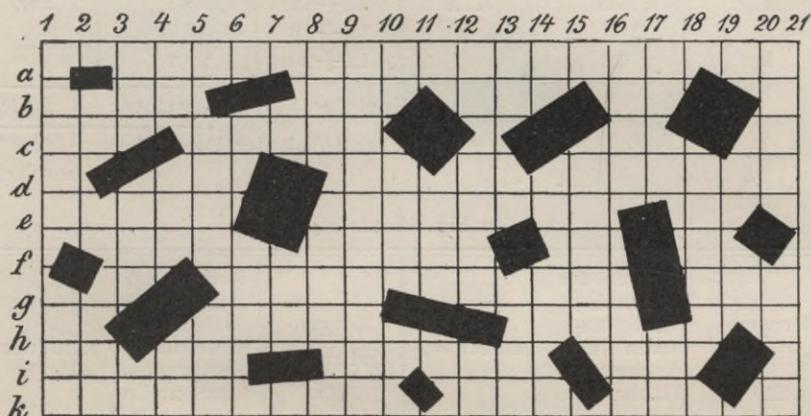


Fig. 79.

dadurch geschehen, daß man ein Stück Papier von bestimmter Größe in verschieden gestaltete kleine Teile zerschneidet, diese regellos auf die Zeichnung eines rechtwinkligen Liniengitters aufklebt und die Mengen-Indikatrix mittels des Zirkels bestimmt. Die Originale der in Fig. 79 und 80 photographisch reproduzierten Diagramme sind in der gedachten Weise hergestellt worden. In jeder der beiden Figuren hat die quadrierte Fläche eine Größe von 50 qcm, das zerschnittene schwarze Papier eine Größe von 10 qcm, und es beträgt die Länge der horizontalen und vertikalen Meßlinien zusammen 2000 mm. Die mit dem Zirkel ausgeführte Messung der auf die schwarzen Flächenteile entfallenden Durchschnitlinien ergibt folgende Resultate:

(Zu Fig. 79 gehörig.)

| Mengen-Indikator für | Summe der Durchschnittslinien durch d. schwarzen Flächenteile in mm = % der Länge | Mittelwerte % | Mengen-Indikator für | Summe der Durchschnittslinien durch d. schwarzen Flächenteile in mm = % der Länge | Mittelwerte % |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| a | 14,2 | } 23,8 | 1 + 2 | 8,5 | } 13,9 |
| c | 23,9 | | 5 + 6 | 10,5 | |
| e | 27,8 | | 9 + 10 | 1,1 | |
| g | 27,8 | | 13 + 14 | 21,5 | |
| i | 25,5 | | 17 + 18 | 27,9 | |
| b | 31,4 | } 17,8 | 3 + 4 | 21,5 | } 25,6 |
| d | 22,5 | | 7 + 8 | 32,9 | |
| f | 19,8 | | 11 + 12 | 28,5 | |
| h | 15,7 | | 15 + 16 | 16,2 | |
| k | 0,0 | | 19 + 20 | 29,2 | |

Mittel der 4 Messungsreihen: 20,2 %

Wirklicher Inhalt der Rechtecke: 20,0 %
der Gesamtfläche.

(Zu Fig. 80 gehörig.)

| Mengen-Indikator für | Summe der Durchschnittslinien durch d. schwarzen Flächenteile in mm = % der Länge | Mittelwerte % | Mengen-Indikator für | Summe der Durchschnittslinien durch d. schwarzen Flächenteile in mm = % der Länge | Mittelwerte % |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| a | 25,2 | } 22,0 | 1 + 2 | 12,9 | } 25,3 |
| c | 5,9 | | 5 + 6 | 24,5 | |
| e | 30,0 | | 9 + 10 | 28,4 | |
| g | 25,9 | | 13 + 14 | 26,2 | |
| i | 23,0 | | 17 + 18 | 34,6 | |
| b | 17,6 | } 19,1 | 3 + 4 | 7,9 | } 15,9 |
| d | 22,4 | | 7 + 8 | 10,8 | |
| f | 29,1 | | 11 + 12 | 11,2 | |
| h | 26,5 | | 15 + 16 | 17,2 | |
| k | 0,0 | | 19 + 20 | 12,6 | |

Mittel der 4 Messungsreihen: 20,6 %

Wirklicher Inhalt der Figuren: 20,0 %
der Gesamtfläche.

276. Man ersieht hieraus, daß die durch lineare Ausmessung erhaltenen Prozente des Flächeninhalts der einzelnen Gesteinsgemengteile nur in den Dezimalen von dem wirklichen Wert abweichen, daß also diese Methode auch bei größerer Unregelmäßigkeit in der Umgrenzung der Gemengteile, wie sie in Fig. 80 dargestellt ist, noch überraschend genaue Resultate ergibt.

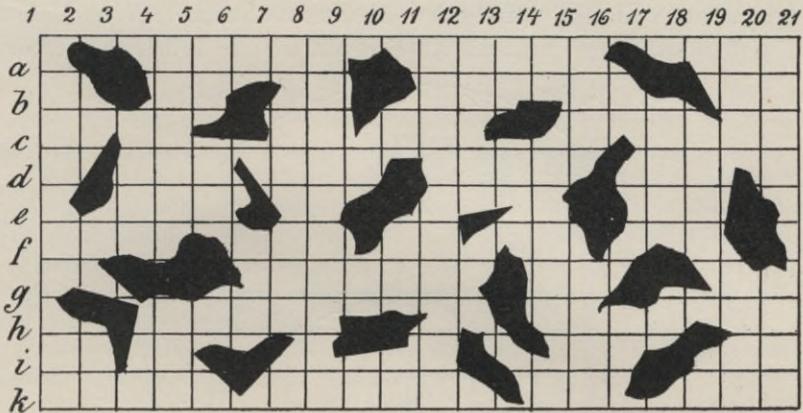


Fig. 80.

Nach Rosiwal ist der Genauigkeitsgrad direkt proportional der Länge der gewählten Mengen-Indikatrix und umgekehrt proportional der Korngröße des Gesteins. Unter Voraussetzung einer möglichst gleichmäßigen Verteilung und Korngröße der Bestandteile im Gestein wird man für eine auf 1% genaue Messung mindestens eine Gesamtlänge der Indikatrix gleich der hundertfachen Korngröße wählen müssen und bei nicht völlig gleichmäßiger Verteilung mehrere, nach verschiedenen Richtungen hergestellte Schriffe auszumessen haben.

277. Zur Ausführung dieser planimetrischen Bestimmung empfiehlt Rosiwal, die Mengelinien mit Tusche über das Deckgläschen zu ziehen und alsdann die Messung mit Hilfe eines Okularmikrometers entlang den aufgetragenen Linien zu bewirken. Wenn das Aufzeichnen dieser Linien schon an sich ziemlich umständlich ist, so wird es für sehr feinkörnige Gesteine (für Basalte, Trachyte, Phyllite, Dachschiefer, Sandsteine usw.) wegen des geringen Abstandes der parallelen Meßlinien, auch wenn sie jedes Korn nur einmal schneiden sollen, völlig undurchführbar.

Verf. hat für diesen Zweck das in Abs. 258 S. 146 beschriebene Planimeter-Okular konstruiert, welches eine sehr bequeme Anwendung der mikroskopischen Messungsmethode gestattet und zugleich die größtmögliche Genauigkeit gewährleistet.

Gebrauch des Planimeter-Okulars. Die mittels eines seitlichen Triebes parallel verschiebbare Abszisse *A* (Fig. 81) wird auf den Nullpunkt der festen Ordinate *O* eingestellt, und man notiert alsdann die auf die auszumessenden Körner entfallenden Abszissenteilstriche. Diese Messung wird wiederholt, indem man die Abszisse auf weitere Teilstriche der Ordi-

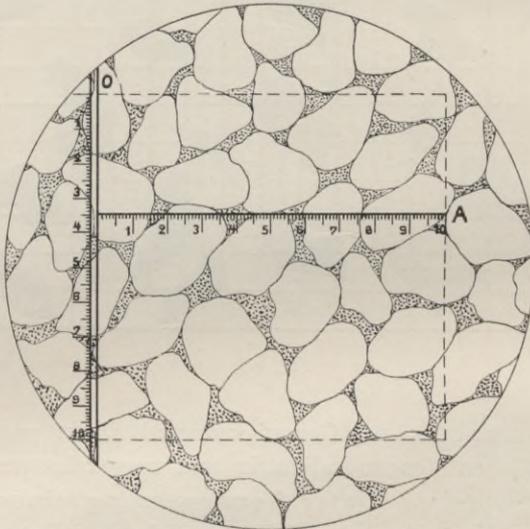


Fig. 81.

nate einstellt, und zwar in solchen Intervallen, daß im allgemeinen die Körner zwei- bis dreimal von der Meßlinie geschnitten werden. Besitzt das Gestein eine geschichtete Struktur, und zeigt demnach der rechtwinklig zur Schichtungsebene hergestellte Schliff eine verschiedene Ausbildung nach zwei Richtungen, so empfiehlt es sich, die Messung in zwei aufeinander rechtwinkligen Stellungen des Objekts zu wiederholen.

Berechnung. Die Abszisse enthält 100 Teilstriche. Wird die Messung z. B. 15mal ausgeführt, so ist die Summe aller Meßlinien $15 \times 100 = 1500$ Teilstrichen. Entfallen auf die auszumessenden Körner insgesamt 1350 Teilstriche, dann ist das Maßverhältnis zwischen den Körnern und den übrigen Bestandteilen 1350 : 1500, und es beträgt somit das Kornvolumen 90 % vom Gesamtvolumen des Gesteins.

278. Bei Ausführung dieser Messungen ist folgendes zu berücksichtigen:

1. Je nach der Korngröße des Gesteins wird das Mikroskop mit einem verschieden starken Objektivsystem versehen. Dasselbe wird so gewählt, daß auf jedes Korn 10 bis 20 Teilstriche der Abszisse des Planimeter Okulars entfallen. Handelt es sich darum, wie z. B. bei Untersuchung von Marmor, die Breite der Kornfugen zu bestimmen, so wird die Vergrößerung so stark gewählt, daß auf die Zwischenräume mindestens 1 bis 3 Teilstriche kommen.

2. Die Körner müssen im mikroskopischen Bilde scharf begrenzt erscheinen. Dies wird, je nach der Beschaffenheit des Objekts, erreicht:

a) bei Anwendung des gewöhnlichen Lichts, durch volle oder seitliche Beleuchtung mittels des Plan- oder Hohlspiegels, bei großer oder kleiner Öffnung der Irisblende;

b) bei polarisiertem Licht, durch Kreuzung der Nicols unter 90° oder 45° oder durch nahezu parallele Stellung derselben mit oder ohne Einschaltung eines farbenempfindlichen Gipsblättchens (Rot I. Ordnung).

Enthält der Gesteinsschliff einfach brechende Bestandteile (amorphe oder reguläre Substanzen), bezw. optisch einachsige, rechtwinklig zur optischen Achse geschnittene Körner, welche bei gekreuzten Nicols nicht deutlich von Hohlräumen zu unterscheiden sind, weil sie ebenso dunkel wie diese erscheinen, so schaltet man den Analysator aus und beobachtet im gewöhnlichen Licht, eventl. bei seitlicher oder oberflächlicher Beleuchtung.

Defekte Stellen im Schliff sind von den natürlichen Hohlräumen meistens durch die Umgrenzungsform zu unterscheiden.

3. Bei der Messung wird die Abszisse auf derartige Intervalle der Ordinate eingestellt, daß, wie bereits bemerkt, jedes der auszumessenden Körner je nach seiner Größe 2 bis 3mal von der Abszisse geschnitten wird.

Soll die Messung in rechtwinkliger Richtung wiederholt werden, dann muß das Objektivsystem gut zentriert sein, damit bei Drehung des Objektisches derselbe Bildausschnitt des Schliffes im Gesichtsfelde erscheint. Die Zentrierung ist vollkommen, wenn ein auf das Fadenkreuz des Okulars eingestellter Punkt des Objekts bei einer vollständigen Drehung desselben mit dem Fadenkreuz in steter Deckung bleibt.

Sehr empfehlenswert ist es, sich bei der Arbeit eines Gehilfen zu bedienen, der die gemessenen Werte aufschreibt. Der Beobachtende kann dann seine ganze Aufmerksamkeit der genauen Ablesung widmen, und es lassen sich auf diese Weise in einer Stunde bequem 1000 Ablesungen diktieren.

Sollen mehrere Gesteinsgemengteile *A*, *B* und *C* ausgemessen werden, so erleichtert man sich die Arbeit dadurch, daß die Maßablesung für diese Bestandteile fortlaufend geschieht und die einzelnen Werte in die für *A*, *B* und *C* getrennten Rubriken eingetragen werden.

279. Wie bereits Delesse hervorgehoben hat, lassen sich die Resultate der geometrischen Gesteinsanalyse auch zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung eines lediglich aus individualisierten Mineralkörnern bestehenden Gesteins verwerten, falls die chemische Zusammensetzung der einzelnen Gemengteile und ihr spezifisches Gewicht bekannt sind. Rosiwal hat betreffs dieser Methode eine Anzahl von Kontrolluntersuchungen ausgeführt, von denen hier die beiden folgenden mitgeteilt werden mögen:

| Mineral-Bestandteile | | | | | | Chemische Zusammensetzung | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------|-----------|--------|------------|-------|---------------------------|---------|----------|----------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|-----|-----|------------------|-------------------|-------------------------------|-------------|----------|
| Quarz | Orthoklas u. Mikroklin | Orthoklas | Biotit | Hornblende | Angit | Apatit | Titanit | Magnetit | Zusammen | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO + (MnO) | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | P ₂ O ₅ | Glyhverlust | Zusammen |

Roter Granit von Pozraj (Trojak).

Aus der nebenstehenden mineralogischen Zusammensetzung berechnet:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|---|---|-----|------|-------|
| Messungsergebnis in Volumprozenten: | 31,1 | 31,8 | 33,1 | 4,0 | — | — | — | — | — | 100,4 | | | | | | | | | | | | |
| Hieraus berechnete Gewichtsprozente: | 31,4 | 31,5 | 32,9 | 4,6 | — | — | — | — | — | 100,4 | | | | | | | | | | | | |
| Resultat der chemischen Analyse (nach John) | 76,08 | — | 13,30 | 1,11 | 0,98 | 0,96 | 0,16 | 1,12 | 2,09 | 1,3 | 0,4 | 4,9 | 3,6 | 8,5 | 4,33 | 3,37 | 7,70 | — | — | 0,2 | 0,2 | 100,2 |
| Differenz zwischen Maßbestimmung und chemischer Analyse | -2,4 | — | +1,2 | 0,0 | -0,5 | +0,3 | +0,2 | — | — | — | — | — | — | — | +0,6 | +0,2 | — | — | — | — | -0,1 | — |

Angitdiorit von Percevad.

Aus der nebenstehenden mineralogischen Zusammensetzung berechnet

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|---|---|-----|------|--------|
| Messungsergebnis in Volumprozenten: | — | — | 34,8 | — | 42,8 | 21,5 | — | 0,4 | 0,5 | 100,0 | | | | | | | | | | | | |
| Hieraus berechnete Gewichtsprozente: | — | — | 30,0 | — | 45,8 | 23,4 | — | 0,5 | 0,8 | 100,5 | | | | | | | | | | | | |
| Resultat der chemischen Analyse (nach John) | 48,66 | — | 15,35 | 2,73 | 6,59 | 15,26 | 8,73 | 23,99 | 9,32 | 13,2 | 9,4 | 0,7 | 3,1 | 3,8 | 0,86 | 1,97 | 2,83 | — | — | 0,2 | 0,2 | 101,01 |
| Differenz zwischen Maßbestimmung und chemischer Analyse | +0,7 | +0,5 | -1,0 | +1,4 | -1,4 | -2,0 | +0,7 | — | — | — | — | — | — | — | -0,2 | +1,1 | — | — | — | — | -0,5 | — |

280. Erwägt man, welche Differenzen die chemischen Analysen verschiedener Durchschnittsproben desselben Gesteins in der Regel aufweisen, so muß die Übereinstimmung der analytischen und der aus der geometrischen Gesteinsausmessung berechneten Resultate als eine völlig befriedigende bezeichnet werden, zumal die einzelnen Gemengteile vielfach mikroskopische Interpositionen differenter Zusammensetzung enthalten und die Porosität des Gesteins bei der Berechnung nicht berücksichtigt worden ist.

Die betreffenden Kontrollversuche lassen demnach erkennen, daß die geometrische Gesteinsanalyse zur Bestimmung der chemischen Gesteinszusammensetzung wohl verwendbar ist, vorausgesetzt, daß es sich hierbei um körnige Gesteine handelt, deren Gemengteile ihrer chemischen Zusammensetzung nach bekannt sind.

281. Aber auch in solchen Fällen, wo das Gestein nur zum Teil aus individualisierten Mineralien besteht, wie z. B. bei Porphyren mit vollkommen dichter Grundmasse, kann die geometrische Gesteinsanalyse im Verein mit der chemischen Bauschanalyse zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der amorphen Bestandmasse Verwendung finden. Man wird in solchem Falle das Volumen der Einsprenglinge durch Messung bestimmen, die Summe ihrer chemischen Bestandteile berechnen und das Resultat von dem der chemischen Bauschanalyse in Abzug bringen, um so die Zusammensetzung der Grundmasse festzustellen.

282. Von besonderem Interesse erschien es, zu untersuchen, ob die geometrische Ausmessungsmethode auch für sedimentäre Gesteine, namentlich für die Bestimmung des Prozentgehaltes an Bindemittel in Sandsteinen und Grauwacken, eine angemessene Verwendung finden könne, da hier die chemische Analyse, wegen der teilweisen Übereinstimmung der chemischen Elemente der körnigen Bestandmassen mit denen des Bindemittels, sich völlig unzulänglich erweist.

Zur Prüfung dieser Frage wurde eine Anzahl verschiedener Sandsteine, deren Bindemittelgehalt durch Aufschluß mittels Schwefelsäure im geschlossenen Glasrohr bei 200⁰ und deren Porositätskoeffizient nach der in Abs. 223 angegebenen Methode bestimmt worden waren, auf den Volumengehalt ihrer körnigen Bestandteile ausgemessen. Das für solche Kontrollberechnungen erforderliche spezifische Gewicht der Bindemittel wurde an abgeschlammtem Material bestimmt und ergab folgende Werte:

1. Hellfarbiges, toniges oder mergeliges Bindemittel: Sp. G. 2,4 bis 2,6.
2. Hellgelbes, schwach eisenockeriges, toniges Bindemittel: Sp. G. 2,7.

3. Dunkelgelbes, stark eisenockeriges, toniges Bindemittel: Sp. G. 2,9.
4. Hellrotes, schwach eisenoxydhaltiges, toniges Bindemittel: Sp. G. 2,8 bis 2,9.
5. Dunkelrotes, stark eisenoxydhaltiges, toniges Bindemittel: Sp. G. 3,1 bis 3,2.

Aus der Reihe der ausgeführten Kontrollbestimmungen mögen die folgenden beiden Beispiele hier mitgeteilt werden:

1. Grauroter Sandstein vom Solling:

Bindemittelgehalt, durch chemische Analyse bestimmt = 20,86 %

Porengehalt in Vol.-% = 12,99 %

Spez. Gewicht des Bindemittels = 2,90.

Durch Ausmessung bestimmtes Gesamtvolumen der Quarz-

körner = 79,30 %

Rest = 20,70 %

Davon abgezogen das Volumen der Poren = 12,99 %

Bleibt Volumen des Bindemittels = 7,71 %

× Spez. Gew. = 2,90

Bindemittelgehalt in Gewichtsprozenten = 22,369 %

Desgl. durch chemische Analyse = 20,860 %

Differenz = 1,51 %

2. Graugelber Sandstein von Dettensee:

Bindemittelgehalt, durch chemische Analyse bestimmt = 18,22 %

Porengehalt in Vol.-% = 26,97 %

Spez. Gewicht des Bindemittels = 2,70.

Durch Ausmessung bestimmtes Gesamtvolumen der Quarz-

körner = 65,96 %

Rest = 34,04 %

Davon abgezogen das Volumen der Poren = 26,97 %

Bleibt Volumengehalt des Bindemittels = 7,07 %

× Spez. Gew. = 2,70

Bindemittelgehalt in Gewichtsprozenten = 19,089 %

Desgl. nach der chemischen Analyse = 18,220 %

Differenz = 0,869 %

Da die quantitative chemische Bestimmung des Bindemittels in den meisten Fällen mit nicht unerheblichen Fehlern behaftet ist¹⁾, so wird man, nach den vorstehenden Ergebnissen, die geometrische

¹⁾ Die Ungenauigkeit der chemischen Bestimmung des Bindemittelgehaltes ist in der analytischen Methode begründet. Bei festen Sandsteinen ist das Bindemittel reichlich silifiziert und auch mit staubförmigem Quarz durchsetzt. Dieser Quarzgehalt des Bindemittels kann aber auf chemischem Wege von dem Quarz des körnigen Gemengteils nicht getrennt werden und bleibt daher bei der quantitativen Bestimmung des Bindemittels unberücksichtigt. Andererseits gehen bei dem Aufschluß des Bindemittels auch die durch Säuren zersetzbaren, körnigen Beimengungen in Lösung, so daß in diesem Falle der Bindemittelgehalt zu hoch gefunden wird.

Feststellung des Bindemittelgehaltes als einen hinreichenden Ersatz der chemischen Analyse betrachten können. Bei sehr festen, kieseligen Sandsteinen und solchen mit Beimengungen zersetzbarer körniger Bestandteile dürfte sogar die geometrische Bestimmung vor der chemischen den Vorzug verdienen.

Kapitel 11.

Ergänzung der mikroskopischen Untersuchung der Gesteinsstruktur durch Färbungsversuche.

283. Obgleich die mikroskopische Untersuchung einen sehr vollkommenen Einblick in die Aggregationsweise der Gesteinsbestandteile gewährt, gestattet sie doch immer nur die Beobachtung kleiner Flächenausschnitte, da selbst bei schwächster Vergrößerung (Objektiv 00 und Okular 1 des Fueß'schen Mikroskops) das Sehfeld nur einen Durchmesser von etwa 7,5 mm besitzt. Auch die vollständige Untersuchung mehrerer Dünnschliffe vermag bei der verhältnismäßig geringen Größe derselben keinen sicheren Aufschluß darüber zu geben, ob die beobachtete Strukturform das ganze Gestein beherrscht, oder ob Inhomogenitäten auftreten, und event., in welcher Weise dieselben ausgebildet sind. Es ist daher die Einführung einer Methode in die technische Gesteinsuntersuchung erwünscht, welche die Bestimmung der allgemeinen Strukturverhältnisse in Probestücken von größerer Abmessung gestattet.

Als ein brauchbares Verfahren hat sich die Durchfärbung größerer Gesteinsstücke mittels eines leicht eindringenden Farbstoffs erwiesen. Man verwendet hierzu eine konzentrierte (4⁰/₀) Lösung von Nigrosin in absolutem Alkohol¹⁾. Die Gesteinsstücke werden in parallelepipedischer Form mit dem Hammer geschlagen, und zwar in Abmessungen von ungefähr 5 × 4 × 3 cm bei dichtem und von 7 × 5 × 4 cm bei lockerem Material.

Es hat sich jedoch herausgestellt, daß Gesteine mit splittrigem Bruch bei dieser Vorbereitungsart leicht feine Sprünge an der Oberfläche erhalten, so daß es notwendig werden kann, neben den geschlagenen Stücken auch solche mit der Säge hergestellte für den Versuch zu verwenden. Die ersteren dienen alsdann dazu, festzustellen, welche Veränderungen das Gestein durch die Bearbeitung erfährt.

¹⁾ Das Nigrosin gehört zu den Azofarbstoffen und kommt in einer in Wasser und einer in Alkohol löslichen Modifikation in den Handel. Für den vorliegenden Zweck ist nur die letztere verwendbar, und zwar der tief blauschwarze Farbstoff. Bezugsquelle: Chemische Fabrik von Carl Jäger in Düsseldorf-Derendorf.

284. Die Probestücke werden einige Stunden bei etwa 40° C getrocknet und dann 48 Stunden lang in die Farblösung getaucht. Man bedient sich hierzu der in Fig. 82 abgebildeten Vorrichtung. Die einzelnen Proben werden zur Unterscheidung mit einem schmalen, nummerierten Bleistreifen umwickelt. Nach dem Herausheben des Einsatzes stellt man denselben auf zwei über das Gefäß gelegte Holzlatten und läßt abtropfen. In etwa $\frac{1}{2}$ Stunde sind die Proben oberflächlich trocken, und man zerschlägt sie nunmehr mit Hilfe eines Meißels oder mittels eines Hammers mit scharfer Schneide, um eine möglichst glatte Bruchfläche zu erhalten.

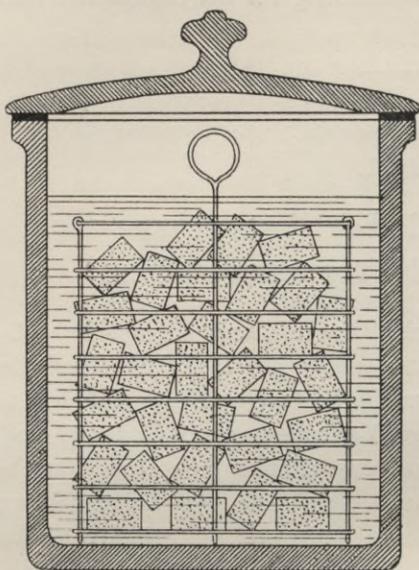


Fig. 82. Maßstab 1 : 10.

Porphyr, Marmor usw., erscheinen mehr oder weniger von der Farblösung durchzogen.

285. Folgende Erscheinungen sind es, welche bei der Gesteinsfärbung mittels Nigrosin auftreten:

1. Alle unzersetzten, kristallinen Mineralien, wie Quarz, Feldspat, Kalkspat usw., vermögen nur eine geringe Menge Farbstoff auf ihren Spaltrissen oder ihren gegenseitigen Berührungsflächen niederzuschlagen, und die kristallinen Gesteine erscheinen daher nur mehr oder weniger schwach hellblau gefärbt (s. Fig. 116). Porösere Partien in solchen Gesteinen, z. B. in Marmor (s. Fig. 117 und 118), zeigen dunklere Flecken, desgleichen angewitterte Mineralkörner (Feldspat usw.) in kristallinen Silikatgesteinen.

2. Pulverförmige Gesteinsbestandteile, wie z. B. erdiger Kalk, und in noch höherem Grade tonige Substanzen, pulverförmiges Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat, üben eine sehr starke Adhäsionswirkung auf den Farbstoff der Lösung aus, und wenn dieselbe durch eine Schicht jener Substanzen hindurch filtriert, so wird der Farbstoff gänzlich zurückgehalten, und das alkoholische Lösungsmittel fließt vollkommen farblos ab. Finden sich daher im mikrokristallinen Kalkstein Einlagerungen

von erdigem Kalk, oder tritt im Silikatgestein kaolinisierter Feldspat auf, so erscheinen diese Partien dunkelblau bis blauschwarz gefärbt (s. Fig. 109 und 112).

3. Enthält ein sedimentäres Gestein von dichtem Gefüge ein mit pulverulenten Bestandteilen¹⁾ durchsetztes, nicht silifiziertes Bindemittel, so wird das Gestein in der äußeren Rinde auf einige Millimeter mehr oder weniger intensiv schwarz gefärbt, während das Innere von dem farblos gewordenen alkoholischen Lösungsmittel vollkommen durchtränkt erscheint (s. Fig. 91 bis 108).

Diese Farbschicht ist bei dichten Gesteinen von gleichmäßiger Stärke, bei porösen dagegen bogenförmig nach der Mitte verstärkt (s. Fig. 100). Es ist dies dadurch zu erklären, daß an der Kante des Probestücks die Farbflüssigkeit von zwei Seiten eindringt, das Gestein daher hier sehr schnell mit entfärbtem Alkohol gesättigt und somit eine weitere Infiltration verhindert wird. Eine ähnliche Erklärung findet die Erscheinung, daß Gesteine von gleicher Zusammensetzung, aber verschiedener Porosität eine ungleich starke Farbschicht aufweisen. Je dichter das Gestein ist, desto schmaler, je poröser, desto breiter wird die Randfärbung sein. Denn die geringere Flüssigkeitsmenge, welche ein dichteres Gestein aufzunehmen vermag, enthält auch eine entsprechend geringere Quantität des Farbstoffes, die in der Oberflächenschicht zur Ablagerung gelangt. Trocknet man aber ein solches Probestück nach der ersten Färbung und legt es aufs neue in die Lösung, so dringt die Farbe sogleich tiefer in das Gestein ein.

4. Sind pulverförmige Substanzen stark silifiziert oder mit Kalkspat durchwachsen, so vermindert sich ihre Fähigkeit der Farbstoffaufnahme in erheblichem Maße.

5. Spalten, Schichtfugen, ja selbst die unbedeutendsten schichtenförmigen Differenzierungen der Porenanordnung geben sich durch mehr oder weniger intensive Farbstreifen auf das deutlichste zu erkennen (s. Fig. 92 bis 94).

6. Stark poröse Gesteine werden vollständig durchfärbt, wobei Inhomogenitäten durch den Wechsel der Färbungsintensität deutlich hervortreten (s. Fig. 114 und 115).

286. Bei den namentlich an Sandsteinen, Grauwacken, Marmorarten und granitischen Gesteinen ausgeführten Versuchen haben sich die folgenden Färbungstypen feststellen lassen.

¹⁾ „Pulverulent“ werden lose miteinander verbundene, pulverförmige Aggregate genannt, im Gegensatz zu solchen, deren pulverförmige Gemengteile durch ein festeres Zement (Quarz, Kalkspat usw.) miteinander zu einer kompakten Masse vereinigt sind.

Färbungstypen der Gesteine.

Intensität der Gesteinsfärbung: a) schwach bläulich, b) hell indigoblau, c) dunkel indigoblau, d) schwarzblau (Fig. 83).

| Typ. | Färbungserscheinung an der durchschlagenen Gesteinsprobe | Schlußfolgerung hinsichtlich der Struktur des Gesteins |
|------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | Keine merkliche Farbeneindringung (Fig. 84) | Das Gestein ist von ausnahmsweise dichtem Gefüge, wie es sich z. B. bei einzelnen dichten Kalksteinen mit splittrigem Bruch findet. |
| II | Farbeneindringung nur in Spaltrissen (Fig. 85) | Desgl. Da die Spaltrisse bei der Herrichtung des Probekörpers entstanden sein können, so werden zur Vergleichung mit der Maschine geschnittene Stücke der Färbung unterworfen werden müssen. |

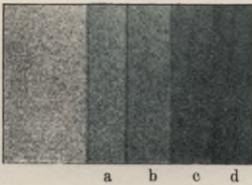


Fig. 83.

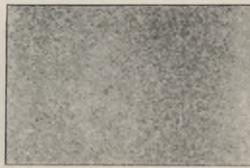


Fig. 84.

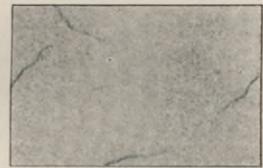


Fig. 85.

| | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III | Lineare, rudimentäre Schichteneindringung (Fig. 86) | Das Gestein ist von sehr dichtem Gefüge, die Schichtung nur schwach entwickelt; an den Schichtgrenzen macht sich eine geringfügige Verminderung des Zusammenhanges bemerkbar. |
| IV | Keilförmige, rudimentäre Schichteneindringung (Fig. 87) | Desgl. An den Schichtgrenzen ist das Gestein ein wenig reicher an pulverulenten, den Farbstoff aufsaugenden Bestandteilen. |
| V | Mehr oder weniger vollkommen lineare Schichteneindringung (Fig. 88) | Desgl. An den Schichtgrenzen treten pulverulente Gemengteile auf. |

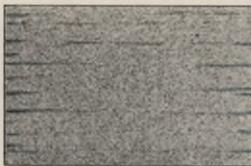


Fig. 86.

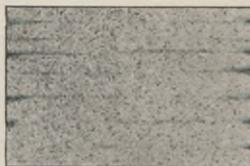


Fig. 87.



Fig. 88.

| Typ. | Färbungserscheinung an der durchschlagenen Gesteinsprobe | Schlußfolgerung hinsichtlich der Struktur des Gesteins |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VI | Nur auf Spalt- und Absonderungsflächen schalig durchfärbt (Fig. 89) | Das sehr dichte Gestein ist von unregelmäßigen Absonderungsflächen durchsetzt. |
| VII | Mehr oder weniger vollkommene, keilförmig verschwommene Schichteneindringung (Fig. 90) | Das sehr dichte Gestein zeigt schichtenförmige, aber nicht scharf abgegrenzte Einlagerungen von mehr pulverulenter Beschaffenheit. |
| VIII | Gleichmäßig schmale Randfärbung (Fig. 91) | Dichtes, homogenes Gestein mit einem je nach der Intensität der Randfärbung mehr oder weniger pulverulenten Bestandteil im Bindemittel. |



Fig. 89.



Fig. 90.



Fig. 91.

| | | |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IX | Gleichmäßig schmale Randfärbung mit Eindringung in Spaltrisse (Fig. 92) | Gesteinsmasse gleicher Beschaffenheit wie VIII, jedoch von kurzen Rissen durchsetzt. |
| X | Gleichmäßig schmale Randfärbung mit rudimentärer Schichteneindringung (Fig. 93) | Dichtes, schwach geschichtetes Gestein mit einem, je nach der Intensität der Randfärbung bzw. der Schichtfärbung, mehr oder weniger reichlichen pulverulenten Bestandteil im Bindemittel. |
| XI | Gleichmäßig schmale Randfärbung mit mehr oder weniger vollkommener Schichteneindringung (Fig. 94) | Dichtes, deutlich geschichtetes Gestein, sonst wie X. |



Fig. 92.



Fig. 93.



Fig. 94.

| Typ. | Färbungserscheinung an der durchschlagenen Gesteinsprobe | Schlußfolgerung hinsichtlich der Struktur des Gesteins |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XII | Schmale Randfärbung mit sehr unbedeutenden Ausbuchtungen an der Schichtfläche und wenig stärkerer an der Querfläche (Fig. 95) | Dichtes Gestein mit etwas unregelmäßiger Verteilung des pulverulenten Bestandteils im Bindemittel und schwacher Andeutung einer Schichtenausbildung. |
| XIII | Gleichmäßig schmale Randfärbung mit keilförmiger, rudimentärer Schichten-eindringung (Fig. 96) | Dichtes Gestein mit schichtenförmiger Verteilung des pulverulenten Bestandteils im Bindemittel. |
| XIV | Schmale Randfärbung mit unregelmäßigen, blattförmigen Eindringungen (Fig. 97) | Dichtes Gestein mit unregelmäßiger Anhäufung des pulverulenten Bestandteils im Bindemittel. |



Fig. 95.



Fig. 96.



Fig. 97.

| | | |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XV | Schmale Randfärbung mit blattförmigen Schichten-eindringungen (Fig. 98) | Dichtes Gestein mit unregelmäßig schichtiger Verteilung des pulverulenten Bestandteils. |
| XVI | Gleichmäßig schmale Randfärbung an der Schichtfläche und bogenförmige Randfärbung an der Querfläche (Fig. 99) | Dichtes Gestein, dessen Porenzusammenhang parallel zur Schichtung vollkommener ist als rechtwinklig dazu, mit regelmäßig verteiltem pulverulenten Bestandteil im Bindemittel. |
| XVII | Breite bogenförmige Randfärbung an allen Seiten (Fig. 100) | Poröses, gleichmäßig struiertes Gestein mit reichlichem, regelmäßig verteiltem pulverulenten Bestandteil im Bindemittel. |



Fig. 98.



Fig. 99.



Fig. 100.

| Typ. | Färbungserscheinung an der durchschlagenen Gesteinsprobe | Schlußfolgerung hinsichtlich der Struktur des Gesteins |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XVIII | Breite bogenförmige Randfärbung an allen Seiten, mit Eindringung in Spalt- risse (Fig. 101) | Poröses, gleichmäßig struiertes Gestein mit reichlichem, regelmäßig verteiltem pulverulenten Bestandteil im Bindemittel, und von kurzen Rissen durchsetzt. |
| XIX | Breite Randfärbung mit ungleichmäßigen rundlichen Eindringungen an der Schichtfläche und keilförmigen Schichteneindringungen (Fig. 102) | Ziemlich dichtes Gestein mit sehr reichlichem, aber unregelmäßig, zum Teil schichtig verteiltem pulverulenten Bestandteil. |
| XX | Breite Randfärbung mit unregelmäßigen Eindringungen in etwas größerer Zahl a. d. Querfläche (Fig. 103) | Ziemlich dichtes Gestein mit sehr reichlichem, unregelmäßig verteiltem pulverulentem Gemengteil. |



Fig. 101.



Fig. 102.



Fig. 103.

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XXI | Breite Randfärbung mit rudimentären, stark keilförmigen Schichteneindringungen (Fig. 104) | Ziemlich dichtes Gestein mit schichtenförmig verteiltem pulverulentem Gemengteil. |
| XXII | Breite Randfärbg. m. mehr od. weniger vollkommener schwach keilförmig. Schichteneindringung (Fig. 105) | Ziemlich dichtes Gestein mit schichtenförmiger Ausbildung des pulverulenten Gemengteils. |
| XXIII | Breite Randfärbung mit rundlichen Eindringungen in stärkerer Ausdehnung a. d. Querfläche (Fig. 106) | Ziemlich dichtes Gestein mit reichlichem, unregelmäßig verteiltem pulverulentem Gemengteil und Andeutung einer schichtenförmigen Einlagerung desselben. |



Fig. 104.

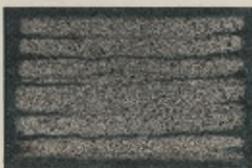


Fig. 105.



Fig. 106.

| Typ. | Färbungserscheinung an der durchschlagenen Gesteinsprobe | Schlußfolgerung hinsichtlich der Struktur des Gesteins |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XXIV | Breite Randfärbung mit blattförmigen Eindringungen an allen Seiten (Fig. 107) | Ziemlich dichtes Gestein mit unregelmäßiger Verteilung des pulverulenten Gemengteils. |
| XXV | Sehrbreite Randfärbung mit starken, unregelmäßigen Eindringungen von etwas größerer Tiefe an der Querfläche (Fig. 108) | Poröses Gestein mit sehr starker Beimengung von unregelmäßig verteiltem pulverulentem Gemengteil und Andeutung einer schichtenförmigen Einlagerung desselben. |
| XXVI | Unregelmäßig netzartige Durchfärbg. mit rundlichen Eindringungen in die ungefärbten Partien (Fig. 109) | Mehr oder weniger dichtes Gestein mit netzartiger Durchdringung eines pulverulenten, porösen Gemengteils. |

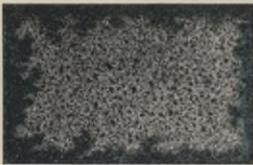


Fig. 107.

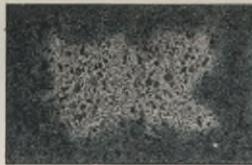


Fig. 108.



Fig. 109.

| | | |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XXVII | Vollständig durchfärbtes Bindemittel in körnigem Gestein (Fig. 110) | Gestein mit sehr porösem pulverulentem Bestandteil im Bindemittel. |
| XXVIII | Vollständig durchfärbtes Porenzement in körnigem Gestein (Fig. 111) | Sehr poröses, pulverförmiges Porenfüllungsmaterial (z. B. Kaolin in Kreidesandsteinen). |
| XXIX | Vollständige Durchfärbung poröser Zwischenschichten in dichtem Gestein (Fig. 112) | Einlagerung einer stark porösen Zwischenschicht mit sehr reichlichem pulverulentem Gemengteil in dichtem Gestein vom Typ. VIII. |



Fig. 110.



Fig. 111.

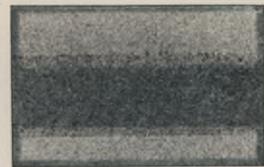


Fig. 112.

| Typ. | Färbungserscheinung an der durchschlagenen Gesteinsprobe | Schlußfolgerung hinsichtlich der Struktur des Gesteins |
|-------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XXX | Mehr oder weniger gleichmäßige, hell indigoblaue Durchfärbung (Fig. 113) | Poröses Gestein mit gleichmäßiger Verteilung eines pulverulenten Gemengteils. |
| XXXI | Mehr oder weniger gleichmäßige, intensiv indigoblaue Durchfärbung (Fig. 114) | Sehr poröses Gestein mit unregelmäßiger Verteilung eines pulverulenten Gemengteils. |
| XXXII | Mehr oder weniger gleichmäßige schwarzblaue Durchfärbung (Fig. 115) | Stark poröses Gestein mit unregelmäßiger Verteilung eines sehr reichlichen pulverulenten Gemengteils. |



Fig. 113.



Fig. 114.

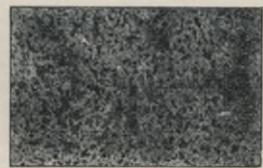


Fig. 115.

| | | |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XXXIII | Gleichmäßig, schwach bläulich durchfärbt (Fig. 116) | Dichtes, sehr gleichporiges, kristallinisch-körniges Gestein (z. B. Marmor). |
| XXXIV | Schwach bläulich durchfärbt mit dunkleren Flecken (Fig. 117) | Dichtes, ungleichkörniges Gestein, dessen kleine Körner ein etwas mehr lockeres Gefüge zeigen als die Hauptmasse. (Manche Marmorsorten.) |
| XXXV | Schwach bläulich durchfärbt mit dunkleren, in der Mitte intensiv gefärbten Flecken (Fig. 118) | Dichtes, kristallinisches Gestein ungleicher Porosität. (Schlechte Marmorsorten) |

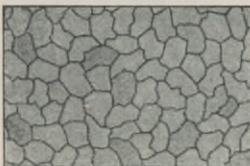


Fig. 116.



Fig. 117.

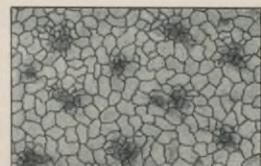


Fig. 118.

Der Einfluß, den diese durch die Färbungsversuche enthüllten Strukturverhältnisse der Gesteine auf ihren Wetterbeständigkeitsgrad ausüben, soll bei Untersuchung der einzelnen Gesteinsarten des näheren erörtert werden.

Kapitel 12.

Die Bestimmung der Kornbindungsfestigkeit.

287. Die Widerstandsfähigkeit eines Gesteins gegen mechanische Beanspruchung ist abhängig von der Festigkeit seiner körnigen Bestandteile und der Intensität, mit welcher letztere untereinander verbunden sind, der sog. „Kornbindungsfestigkeit“.

Diese beiden Faktoren der Gesteinsfestigkeit sind auch bei der Beurteilung der Widerstandsfähigkeit des Materials gegen Witterungseinflüsse gesondert in Betracht zu ziehen.

Da die körnigen Bestandteile im allgemeinen einfache Mineralsubstanzen sind, so ist ihre Festigkeit, vorausgesetzt, daß sie sich in vollkommen frischem Zustande befinden, eine konstante Größe, während die Kornbindungsintensität eine sehr verschiedene sein kann.

Bei kristallinen Gesteinen, deren innerer Zusammenhang durch den Kristallisationsprozeß bedingt ist, hängt die Bindungsfestigkeit lediglich von der Dichtigkeit des Gefüges ab; bei sedimentären Gesteinen überdies von der substantziellen Beschaffenheit und der Struktur des Bindemittels.

Da die Verwitterung in erster Linie darauf hinarbeitet, den Zusammenhang der körnigen Bestandteile zu lockern, so erlangt die Kornbindungsfestigkeit eine besondere Wichtigkeit bei der Bestimmung des Wetterbeständigkeitsgrades der Gesteine.

A. Beschaffenheit der Bruchfläche.

288. Für die Beurteilung der Kornbindungsverhältnisse ist es von Bedeutung festzustellen, ob die Bindungsfestigkeit größer oder geringer ist, als die Festigkeit der körnigen Bestandteile an und für sich, und es dient hierzu die Untersuchung der glatten Bruchfläche, wie solche bei der Prüfung auf Zug-, Biegungs- oder Scherfestigkeit erhalten wird.

Auch die mit dem Hammer hergestellte Schlagfläche vermag hierfür einen ziemlich sicheren Anhalt zu gewähren¹⁾.

289. Die dabei in Frage kommenden Erscheinungen lassen sich wie folgt klassifizieren:

a) Gesteine mit unmittelbarer Kornbindung (kristallinische Gesteine).

1) Die Bindungsfestigkeit ist größer als die Festigkeit der körnigen Bestandteile selbst. In diesem Falle wird die Bruchfläche durch die körnigen Bestandteile hindurchgehen, ohne daß die letzteren aus ihrem Zusammenhange gerissen erscheinen (Fig. 119).



Fig. 119.

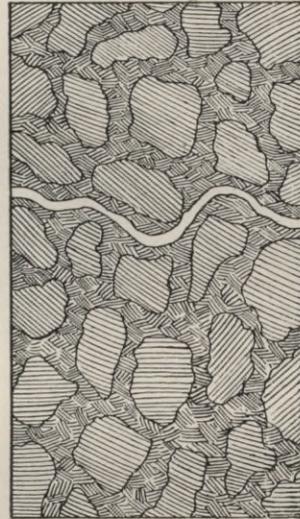


Fig. 120.

2) Die Kornbindungsfestigkeit ist kleiner als die Festigkeit der körnigen Bestandteile. Auf den Bruchflächen solcher Gesteine erscheinen die Körner voneinander getrennt, ohne daß sie selbst eine Zerstörung erlitten haben.

3) Die Kornbindungs- und Kornfestigkeit sind nahezu gleich. Auf der Bruchfläche ist ein Teil der Körner zerbrochen, ein anderer unzerstört voneinander getrennt.

¹⁾ Zur Beobachtung der Bruch- bzw. Schlagflächen bedient man sich einer scharfen Lupe.

b) Gesteine mit mittelbarer Kornbindung (klastische Gesteine).

1) Das Bindemittel ist weniger fest als die körnigen Gemengteile. Die Bruchfläche geht bei Gesteinen mit reichlichem Bindemittel durch dieses hindurch, während die körnigen Gemengteile intakt bleiben (Fig. 120 S. 182).

2) Das Bindemittel ist fester als die körnigen Gemengteile: Die Bruchfläche geht sowohl durch das Bindemittel als auch durch die körnigen Gemengteile hindurch.

3) Die „Haftfestigkeit“ zwischen dem Bindemittel und den körnigen Gemengteilen ist geringer als die Festigkeit der körnigen Ge-

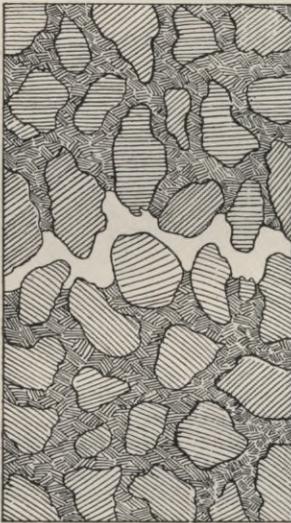


Fig. 121.

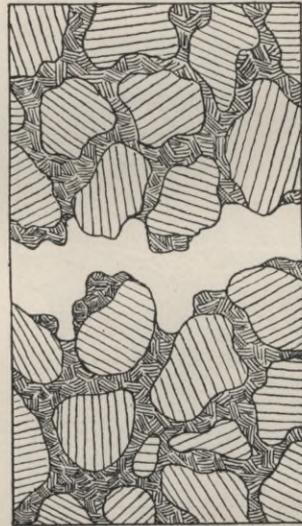


Fig. 122.

mengteile und die der Bindemittelsubstanz: Auf der Bruchfläche erscheinen die unzerstörten körnigen Gemengteile glatt aus dem Bindemittel herausgelöst (Fig. 121).

4) Die „Haftfestigkeit“ zwischen den körnigen Bestandteilen und dem Bindemittel ist nahezu gleich der Festigkeit des letzteren, aber geringer als die der körnigen Gemengteile: Auf der Bruchfläche erscheinen die körnigen Gemengteile teils glatt aus dem Bindemittel herausgelöst, teils haften Bruchstücke des letzteren an den Körnern (Fig. 122).

B. Mikroskopische Bestimmung der Kornbindung.

290. Ein allgemeines Urteil über die Intensität der Kornbindung läßt sich aus der mikroskopischen Untersuchung der Gesteine in Dünnschliffen gewinnen.

Bei kristallinen Gesteinen erscheint die Abgrenzung der einzelnen Körner, falls dieselben innig miteinander verwachsen sind, als eine scharfe, ununterbrochene Linie; ist das Gefüge aber nicht vollkommen kompakt, so treten mehr oder weniger starke Diskontinuitäten der Grenzlinien, bezw. Fugen und Poren zwischen den Körnern auf.

Bei sedimentären Gesteinen gewährt die mikroskopisch zu bestimmende substanzielle Natur und die Struktur des Bindemittels einen Anhalt für die Beurteilung der Kornbindungsfestigkeit, überdies aber auch die Bindungszahl und das Bindungsmaß der körnigen Bestandteile.

Unter Bindungszahl ist die Anzahl der Körner zu verstehen, welche mit jedem einzelnen Korn in der Ebene des Schliffes verbunden erscheint; unter Bindungsmaß der Quotient aus dem Kornumfange und der Summe derjenigen Teile desselben, welche mit den anlagernden Körnern verwachsen sind. Näheres hierüber siehe bei dem Kapitel über die Kornbindungsfestigkeit der Sandsteine.

C. Die ziffernmäßige Bestimmung der Kornbindungsfestigkeit.

291. Die Kornbindungsfestigkeit wird ziffernmäßig ausgedrückt durch die Größe des Widerstandes, den das Gestein der Trennung seiner körnigen Bestandteile entgegensetzt.

Wie bereits in Abs. 289 hervorgehoben wurde, gibt es Gesteinsarten, bei denen die Bindungsfestigkeit nahezu mit der Festigkeit der körnigen Bestandteile übereinstimmt, ja z. T. noch größer als diese ist. Zu dieser Kategorie gehören die meisten kristallinen Gesteinsarten. Beim Zerschlagen solcher Gesteine mit dem Hammer erkennt man, daß die Schlagfläche durch die körnigen Bestandteile hindurchgeht, ohne dieselben aus ihrem Zusammenhange zu lösen.

Ganz anders gestalten sich die Kohärenzverhältnisse bei den meisten sedimentären Gesteinen, bei denen der Zusammenhang der körnigen Bestandteile durch ein besonderes Bindemittel bedingt wird.

Hier überwiegt in den meisten Fällen die Festigkeit der körnigen Bestandteile, und zwar oftmals in sehr bedeutendem Maße, die des Bindemittels. Zerschlägt man solche Gesteine, so erkennt man mit

Hilfe der Lupe, daß auf der Bruchfläche die körnigen Gemengteile unversehrt aus dem Bindemittel herausragen.

292. Zur Bestimmung der Kornbindungsintensität eignet sich am besten die Prüfung der absoluten oder Zugfestigkeit und zwar aus folgenden Gründen:

1. liefert dieselbe von allen Festigkeitsmodalitäten den unmittelbarsten Ausdruck für die Kohärenz;
2. erhält man dabei eine regelmäßige, dem Querschnitt des Probekörpers entsprechende Trennungsfläche, an der man deutlich zu erkennen vermag, welche der Gesteinsbestandteile eine Zerreißung erfahren haben;
3. gestattet das Resultat der Prüfung eine einfache Reduktion auf den Querschnitt des porenfrei gedachten Gesteins.

Eine solche Reduktion erscheint aber unerläßlich, um das Ergebnis der Festigkeitsprüfung an Gesteinen von verschiedenem Porositätsgrade miteinander vergleichen zu können. Der Porositätskoeffizient, d. h. der Porengehalt in Volum.-% des Gesteins ausgedrückt, steigt bei porösen Sandsteinen, Schaumkalken und Tuffen auf 20—45, und es kann sich deshalb der für die Kornbindungsintensität berechnete Wert, durch die gedachte Reduktion, um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ erhöhen.

293. Da die Zugfestigkeit proportional der Zerreißungsfläche ist, so erfolgt die Reduktion nach der Formel:

$$\zeta_r = \frac{Z}{Q \left(1 - \frac{P}{100}\right)}$$

in welcher ζ_r die auf 1 qcm des porenfreien Materials reduzierte Zugfestigkeit bedeutet, Z das unmittelbare Resultat der Zugfestigkeitsprüfung in kg, Q die Zerreißungsfläche in qcm und P den Porositätskoeffizienten.

P wird nach Abs. 201 aus dem spezifischen Gewicht des Gesteinspulvers und dem des porenhaltigen Gesteins bestimmt.

Eine solche Reduktion ist weder für die Resultate der Druckfestigkeit, noch für die der Bruch- und Schubfestigkeit durchführbar. Selbst wenn man sich auf eine näherungsweise Berechnung beschränken wollte, indem man dieselbe auf eine schematische Anordnung der Poren gründete, unter Zusammenlegung derselben zu größeren Hohlräumen, erhält man keine befriedigenden Resultate; vielmehr überzeugt man sich, daß die Abweichungen, welche die Rechnung zufolge verschiedener Anordnung der zusammengelegten Hohlräume ergibt, die zulässigen Grenzen bei weitem übersteigen.

294. Es ist aber hervorzuheben, daß die obige Formel streng genommen nur für solche Gesteine gilt, welche zwischen den mehr oder weniger reichlich auftretenden Strukturporen ein völlig kompaktes Mineralgefüge aufweisen, wie dies z. B. der Fall ist bei gewissen Basaltlaven, blasigen Doleriten und kavernösen, mikrokristallinen Kalksteinen. Dagegen besteht ein derartig einfaches Proportionalitätsverhältnis zwischen der Porosität und der Größe der Kornbindungsflächen nicht bei den Aggregationsprodukten rundlicher Körner, wie z. B. bei den Sandsteinen.

Zur genauen Feststellung der Kornbindungsflächen wäre hier in jedem einzelnen Falle eine direkte Ausmessung erforderlich, und zwar könnte dies in der Weise geschehen, daß in einem Dünnschliff des betreffenden Gesteins (s. Fig. 123) die Länge der Bindungslinien in zwei

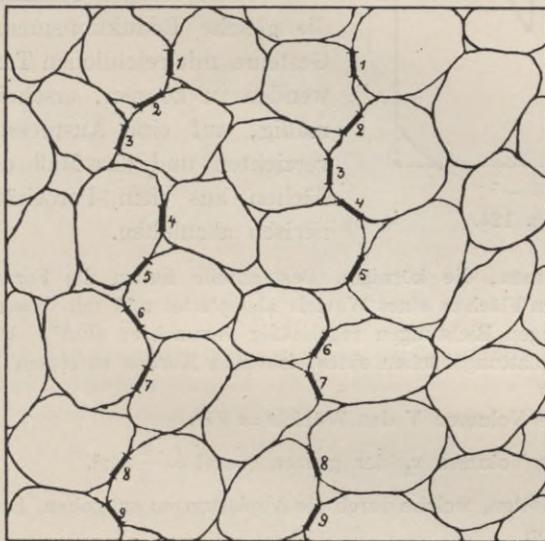


Fig. 123.

aufeinander rechtwinkligen Richtungen mittels des Mikroskop-Planimeters (s. Abs. 258, S. 146) bestimmt und hieraus die durchschnittliche Länge l und l_1 dieser Linien in den beiden Richtungen berechnet wird. Sind die Körner von rundlicher Form, so werden es auch die Bindungsflächen sein, und ihr Inhalt wäre demnach näherungsweise auszudrücken durch $\frac{1}{2} \cdot \frac{l_1}{2} \cdot \pi$; sind die Körner kantig, so werden die Bindungsflächen im Maximum dem Produkte $l \cdot l_1$ entsprechen. In den meisten Fällen dürfte der Durchschnitt beider Werte der wirklichen Flächengröße am

nächsten kommen. Ist alsdann Z das Resultat der Zugfestigkeitsprüfung in kg, Q die Zerreißungsfläche in qcm und B die Summe der Bindungsflächen in Bruchteilen von Q , so ergibt sich die Kornbindungsfestigkeit

$$\text{aus der Formel } \zeta_r = \frac{Z}{Q \cdot B}$$

295. Für regelmäßig struierte Gesteine der gedachten Art bietet eine derartige Bestimmung der Bindungslinien keine besonderen Schwierigkeiten; ist die Kornbindung aber unregelmäßig, wie dies namentlich bei geschichteter Ausbildung des Gesteins der Fall zu sein pflegt, dann bedarf es einer zeitraubenden Ausmessung größerer Flächenabschnitte, um nur einigermaßen zutreffende Werte zu erhalten.

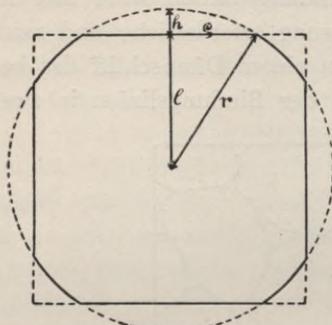


Fig. 124.

Unter solchen Umständen und um die gleiche Reduktionsmethode für alle Gesteine mit reichlichen Texturporen anwenden zu können, erscheint es zweckmäßig, auf eine Ausmessung ganz zu verzichten und das Maß der Bindungsflächen aus dem Porositätsgrade rechnerisch abzuleiten.

Angenommen, die körnigen Bestandteile haben die Form von Kugeln, welche nach den Flächen eines Würfels abgeplattet und mit diesen Flächen nach drei rechtwinkligen Richtungen regelmäßig verwachsen sind¹⁾. Denkt man sich alsdann die Abplattungsflchen eines einzelnen Kornes zu einem Würfel ergänzt (Fig. 124), so ist

$$\text{das Volumen } V \text{ des Würfels} = 8r^3;$$

$$\text{das Volumen } v_1 \text{ der ganzen Kugel} = \frac{4}{3} \pi r^3.$$

Die 6 Kalotten, welche durch die Abplattungen entstehen, haben zusammen ein Volumen von

$$\frac{6 \pi h^2}{3} (3r - h) = 6 \pi \frac{(r - h)^2}{3} (2r + h);$$

¹⁾ Meistens ist die Struktur der körnigen Sedimentgesteine allerdings eine solche, daß die Körner einer jeden Schicht in die Zwischenräume der benachbarten Schicht fallen, wodurch eine dichtere Lagerung entsteht, als sie hier der Formelentwicklung zugrunde gelegt wurde. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß neben den regelmäßigen Texturporen fast ausnahmslos auch größere Strukturporen, hervorgerufen durch das Ausfallen einzelner Körner, auftreten, wodurch die Zahl der Bindungsflächen erheblich verringert wird. Die angenommene Gruppierung dürfte daher näherungsweise dem Durchschnittsverhltnis entsprechen, welches zwischen der Porosität und der Kornbindung besteht.

folglich ist das Volumen v_2 der abgeplatteten Kugel

$$v_2 = \frac{2\pi}{3} [2r^3 - 3(r-1)^2(2r+1)] = \frac{2\pi}{3} (9r^2l - 4r^3 - 3l^3),$$

daher das Volumen v der Zwischenräume zwischen der abgeplatteten Kugel und dem Würfel oder der Inhalt des zu jedem einzelnen Korn gehörenden Anteils der Porenräume

$$v = V - v_2 = l^3(8 + 2\pi) - 6\pi r^2l + \frac{8}{3}\pi r^3$$

und somit der leere Raum zwischen den abgeplatteten Kugeln, bezogen auf das Gesamtvolumen als Einheit:

$$\begin{aligned} \frac{v}{V} &= \frac{l^3(8 + 2\pi) - 6\pi r^2l + \frac{8}{3}\pi r^3}{8l^3} \\ &= 1 + \frac{\pi}{4} - \frac{3}{4}\pi x^2 + \frac{\pi}{3}x^3. \end{aligned} \quad (\text{Gleichung I})$$

Das Verhältnis zwischen der Fläche F des Würfels und der Abplattungs- oder Bindungsfläche f zweier Kugeln ist:

$$\frac{f}{F} = \frac{\pi}{4}(x^2 - 1), \quad (\text{Gleichung II})$$

wenn $x = \frac{r}{l}$ gesetzt wird.

Nummehr ist aus der kubischen Gleichung I die Größe x zu entwickeln und in Gleichung II einzusetzen.

Um aus I das quadratische Glied zu entfernen, setze man $x = \frac{z+3}{4}$, und man erhält alsdann:

$$z^3 - 27z + \left[\left(1 - \frac{v}{V}\right) \frac{192}{\pi} - 6 \right] = 0. \quad (\text{Gleichung Ia})$$

Versucht man diese Gleichung nach der Cardanischen Formel zu lösen, so gelangt man zu imaginären Wurzeln. Es ist daher die trigonometrische Methode anzuwenden unter Benutzung der Formel:

$$\sin^3 \frac{\varphi}{3} - \frac{3}{4} \sin \frac{\varphi}{3} + \frac{1}{4} \sin \varphi = 0. \quad (\text{Gleichung III})$$

Setzt man in die Gleichung Ia:

$$z = 6 \sin \frac{\varphi}{3}, \quad (\text{Gleichung IV})$$

so erhält man:

$$\sin^3 \frac{\varphi}{3} - \frac{3}{4} \sin \frac{\varphi}{3} + \left[\left(1 - \frac{v}{V}\right) \frac{8}{9\pi} - \frac{1}{36} \right] = 0. \quad (\text{Gleichung Ib})$$

Wenn Ib mit III identisch sein soll, dann muß die $[\] = \frac{1}{4} \sin \varphi$ werden, also:

$$\sin \varphi = \left(1 - \frac{v}{V}\right) \frac{32}{9\pi} - \frac{1}{9}. \quad (\text{Gleichung V})$$

Da $z = 6 \sin \frac{\varphi}{3}$, so ist

$$x = \frac{6 \sin \frac{\varphi}{3} + 3}{4}.$$

Setzt man diesen Wert in die Gleichung II:

$$\frac{f}{F} = \frac{\pi}{4} (x^2 - 1)$$

ein, so erhält man

$$\frac{f}{F} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{36 \sin^2 \frac{\varphi}{3} + 36 \sin \frac{\varphi}{3} - 7}{16}, \quad (\text{Gleichung VI})$$

oder, da $\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}$ ist,

$$\frac{f}{F} = \frac{-18 \cos \frac{2\varphi}{3} + 36 \sin \frac{\varphi}{3} + 11}{64} \cdot \pi. \quad (\text{Gleichung VIa})$$

Berechnet man nunmehr aus $\frac{v}{V}$ den Hilfswinkel φ nach der Gleichung

$$\sin \varphi = \left(1 - \frac{v}{V}\right) \frac{32}{9\pi} - \frac{1}{9}, \quad (\text{A})$$

dann ergibt sich:

$$f = F \left[\frac{-18 \cos \frac{2}{3} \varphi + 36 \sin \frac{\varphi}{3} + 11}{64} \cdot \pi \right] \quad (\text{B})$$

Bei Berechnung der Kornbindungsflächen für den Querschnitt $F=100$, wird $V=100$ gesetzt und $v=P$, d. h. gleich dem Porositätskoeffizienten, ausgedrückt in Volumprozenten des Gesteins.

296. Aus der vorstehenden Formel berechnen sich die Kornbindungsflächen f für den Porositätskoeffizienten P wie folgt:

| P = | f = | P = | f = | P = | f = |
|-----|-------|-----|-------|---------|-------|
| 1 | 93,54 | 17 | 40,25 | 33 | 16,34 |
| 2 | 88,81 | 18 | 38,43 | 34 | 15,07 |
| 3 | 81,87 | 19 | 36,66 | 35 | 13,84 |
| 4 | 76,02 | 20 | 35,04 | 36 | 12,66 |
| 5 | 71,36 | 21 | 33,28 | 37 | 11,53 |
| 6 | 67,78 | 22 | 31,66 | 38 | 10,36 |
| 7 | 64,00 | 23 | 30,14 | 39 | 9,23 |
| 8 | 60,91 | 24 | 28,16 | 40 | 8,05 |
| 9 | 57,96 | 25 | 27,09 | 41 | 6,97 |
| 10 | 55,41 | 26 | 25,67 | 42 | 5,89 |
| 11 | 52,86 | 27 | 24,25 | 43 | 4,81 |
| 12 | 50,01 | 28 | 22,87 | 44 | 3,78 |
| 13 | 48,29 | 29 | 21,50 | 45 | 2,85 |
| 14 | 46,14 | 30 | 20,17 | 46 | 1,72 |
| 15 | 44,07 | 31 | 18,85 | 47 | 0,69 |
| 16 | 42,11 | 32 | 17,57 | 47,6401 | 0,00 |

Ist ζ die Zugfestigkeit eines Gesteins für 1 qcm des Querschnitts, so ist hiernach die Kornbindungsfestigkeit $\zeta_r = \frac{\zeta \cdot 100}{f}$.

297. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß P mit seinem experimentell bestimmten Wert nur für solche Gesteine unmittelbar in Rechnung gestellt werden darf, deren Texturporen völlig leer oder aber mit einem Bindemittel gefüllt sind, dessen Festigkeit der des Kontaktzements durchaus gleichkommt. Besteht dagegen die Porenfüllung aus einer weichen Masse, welche die Intensität der Kornbindung nicht erheblich zu ändern vermag (weiche tonige und mergelige oder pulverulente kaolinige und ockerige Substanzen), so wird der Porositätskoeffizient P um das Volumen der Porenfüllung zu erhöhen und hiernach der Wert für f zu bestimmen sein. Ist z. B. $P = 10$ und das pulverulente Porenfüllmittel, ausgedrückt in Vol.-% = 12, so wird f für den Porositätskoeffizienten $10 + 12 = 22$ nach obiger Tabelle zu bestimmen sein. Demnach wäre $\zeta_r = \frac{\zeta \cdot 100}{31,66}$.

298. Eine besondere Schwierigkeit ergibt sich für die Bestimmung der Kornbindungsfestigkeit, wenn die Porenfüllung von solcher Konsistenz ist, daß dadurch die Festigkeit des Gesteins wesentlich erhöht wird. In solchem Falle kommen zwei verschiedene Faktoren der Kornbindung zur Geltung, das sog. Kontaktzement, welches die Kornflächen miteinander verbindet, und das Porenzement, welches die eckigen Zwischenräume erfüllt¹⁾. Wollte man nun zur Bestimmung von f lediglich den Porositätskoeffizienten P verwenden, so würde man nach der betreffenden Formel das Gesamtmaß aller Bindungen erhalten, und es müßte alsdann die berechnete Kontaktzementbindung um so mehr unterhalb des wahren Durchschnittswertes bleiben, je größer der Unterschied in der Festigkeit beider Bindemittel ist. Addiert man dagegen zu P das Volumen des Porenzements, so berechnen sich hieraus lediglich die Flächenmaße der durch das Kontaktzement bewirkten Bindung, und es würden demnach die hierfür abgeleiteten Werte zu groß werden.

Zu einem Näherungswerte für ζ_r wird man gelangen, wenn man den Wert für P nicht um das Gesamtvolumen des Porenzements, sondern um einen Bruchteil desselben erhöht, welcher im umgekehrten Verhältnis zur Festigkeit bezw. Härte der betreffenden Substanz steht. Der für die Berechnung dieser Quote in Frage kommende Faktor wird für sehr weiche Porenzemente nahezu = 1, für sehr harte und feste dagegen nahezu = 0 sein.

Aus den an tonigen Gesteinen verschiedener Härtegrade gewonnenen Untersuchungsergebnissen sind folgende Reduktionsfaktoren für die betreffende Berechnung abgeleitet worden:

¹⁾ Näheres hierüber siehe in dem Kapitel über die Mikrostruktur der Sandsteine.

Porenzement:

| Härte ¹⁾ | Reduktionsfaktor | Härte ¹⁾ | Reduktionsfaktor |
|---------------------|------------------|---------------------|------------------|
| 0,5—1 | 1 | 4,5 | 0,4 |
| 1,5 | 0,9 | 5 | 0,3 |
| 2 | 0,8 | 5,5 | 0,2 |
| 3 | 0,7 | 6 | 0,1 |
| 3,5 | 0,6 | 7 | 0 |
| 4 | 0,5 | | |

Beispiel: Für einen Sandstein seien folgende Werte bestimmt worden: Porositätskoeffizient $P = 12$; Gehalt an schwach eisenockerigem Bindemittel = 13 %; Härte des Porenzements = 4; Zugfestigkeit $\zeta = 22$.

Das spez. Gew. der Sandsteinbindemittel schwankt, je nach dem Eisengehalt, zwischen 2,5 bis 2,8; in dem vorliegenden Falle sei dasselbe = 2,6, also gleich dem des körnigen Quarzes. Die Volumina des körnigen Bestandteiles und des Bindemittels verhalten sich also wie ihre Gewichte. Für die Bestimmung der Bindungsfläche f wird daher $P + 13 \cdot 0,5 = 18,5$ in Ansatz zu bringen sein, und es ergibt sich aus der Tabelle $f = 37,5$. Daher ist $\zeta_r = \frac{22 \cdot 100}{37,5} = 58,6$.

299. Wie aus den Darlegungen in Abs. 291—298 hervorgeht, ist die ziffernmäßige Bestimmung der Kornbindung unter Umständen mit nicht unerheblichen Fehlern behaftet.

Es ist jedoch hierbei in Betracht zu ziehen, daß für die Wetterbeständigkeit der Gesteine erfahrungsmäßig nur größere Unterschiede der Bindungsfestigkeit von wesentlichem Einfluß sind. Vergleicht man z. B. die Schemata zur Klassifikation der Sandsteine (zweite Ergänzungstabelle zu Schema 1 und 3), so ergibt sich, daß den Differenzen der Kornbindungsfestigkeit von 125—44 kg p. qcm nur Unterschiede der Wetterbeständigkeit von einer halben Qualitätsklasse entsprechen. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Grauwacken und Kalksteinen.

¹⁾ Mit Hilfe der Stahlnadel läßt sich die Härte des Porenzements näherungsweise nach folgendem Schema bestimmen:

| | | |
|---------|---------------------|--------------------------|
| Härte 7 | bei starkem Druck | Abschleifen der Nadel, |
| " 6 | " " | kein Strich, |
| " 5 | " " | schwacher Strich, |
| " 4 | mäßigem | " " |
| " 3 | sehr geringem Druck | schwacher Strich, |
| " 2 | " " | ziemlich starker Strich, |
| " 1 | " " | sehr starker Strich. |

Mit „Strich“ wird das Eindringen der Nadel in die Bindemittelsubstanz bezeichnet.

Für die praktischen Zwecke der Gesteinsprüfung sind deshalb die auf die gedachte Weise bestimmten Werte der Kornbindung, trotz ihrer Unsicherheit, als ausreichend zu erachten.

Ja, es wird sogar unter Umständen als zulässig erscheinen, diese Werte aus der Druckfestigkeit abzuleiten. Bestimmt man nach dieser zunächst die Zugfestigkeit, gemäß den in Abs. 132—143 angegebenen, empirisch gewonnenen Proportionalitätsziffern, und berechnet hieraus nach der Tabelle Abs. 296 die Kornbindungsfestigkeit, so erhält man einen Näherungswert, der in den meisten Fällen ebenfalls den Anforderungen der Wetterbeständigkeitsbestimmung genügen dürfte.

300. Da die Druckfestigkeitsprüfung für die bautechnische Gesteinsuntersuchung nicht entbehrt werden kann, so bedeutet die Beschränkung auf diese Festigkeitsbestimmung eine wesentliche Vereinfachung der Wetterbeständigkeitsprüfung.

In welchen Fällen eine solche Vereinfachung zulässig ist, wird von den besonderen Verhältnissen der Gesteinsausbildung abhängen. Im allgemeinen wird die genauere Feststellung der Kornbindung durch die Zugfestigkeitsprüfung entbehrlich erscheinen, bei den hervorragend festen Gesteinen, also für die kristallinen Felsarten, die kieseligen Sandsteine und dichten Kalksteine, wie andererseits für alle diejenigen Gesteine, welche schon auf Grund ihrer sonstigen Verhältnisse in die Klasse der wetterunbeständigen Materialien zu verweisen sind, wie dies insbesondere für alle diejenigen Gesteine zutrifft, welche eine starke Erweichung durch Wasserlagerung erfahren.

Kapitel 13.

Die Bestimmung der Erweichbarkeit der Gesteine im Wasser.

301. In Wasser erweichbar sind nur solche Gesteine, welche ganz oder teilweise aus Substanzen bestehen, deren Zusammenhang auf Adhäsion beruht, wie dies z. B. bei den tonigen und erdig-kalkigen Bindemitteln der Sandsteine, den gleichartigen Gemengteilen der Tonschiefer, Schiefertone und Mergelkalke der Fall ist.

Nicht erweichbar in Wasser sind dagegen die kristallinen Gesteine, da diese lediglich der Kohäsion ihren Zusammenhang verdanken.

Auch Substanzen mit adhärentem Gefüge können gegen Wasserwirkung mehr oder weniger widerstandsfähig werden, wenn sie von einer homogenen Substanz durchwachsen sind, wie z. B. durch Kieselsäure infiltrierte Tone und erdige Kalke.

302. Ziffernmäßig wird der Grad der Wassererweichung (η) bestimmt nach der Formel

$$\eta = \frac{K_w}{K_t}$$

in welcher K_w die Festigkeit des Gesteins in wassergelagertem, K_t diejenige in trockenem Zustande bedeutet.

Ogleich auch hierbei, wie für alle Untersuchungen welche die Bestimmung der Gefügesteifigkeit zum Zweck haben, die Zugfestigkeitsprüfung die genauesten Resultate liefert, so wird dieselbe doch, mit Rücksicht auf die wünschenswerte Vereinfachung des Verfahrens, in den Materialprüfungsanstalten allgemein durch die Druckfestigkeitsbestimmung ersetzt. Auch für die Beurteilung der Wetterbeständigkeit der Gesteine erscheint dies zulässig, weil die nach beiden Methoden erhaltenen Werte für η nicht so erheblich voneinander abweichen, daß dadurch die Bestimmung der Qualitätsklasse in namhafter Weise beeinträchtigt wird (s. auch Abs. 306).

303. Zur Erzielung sachgemäßer Resultate ist es durchaus erforderlich, daß die Proben für die vergleichende Festigkeitsprüfung in trockenem Zustande und nach 28tägiger Wasserlagerung, aus demselben Gesteinsblock geschnitten und nach dem in Abs. 110, S. 57 angegebenen Verfahren für jede der beiden Versuchsreihen ausgewählt werden.

304. Ogleich, wie bereits erwähnt, kristallinische Gesteine eine Wassererweichung nicht erfahren, lehren doch zahlreiche Versuche, daß auch diese Gesteine nach mehrwöchiger Wasserlagerung eine nicht unerhebliche Festigkeitsverminderung aufweisen.

Zur Erklärung dieser Erscheinung ist auf den Kapillardruck hingewiesen worden, den das vom Gestein aufgenommene Wasser auf die Wände der Poren und Haarrisse ausübt. Aber dieser Druck ist zu gering, als daß darauf allein die beträchtliche Festigkeitseinbuße zurückgeführt werden könnte, welche die kristallinischen Gesteine durch Wasseraufnahme erfahren.

Von größerer Bedeutung ist hier jedenfalls die Wirkung des in den Poren zusammengedrückten Wassers. Nicht nur, daß dasselbe den einseitig ausgeübten Druck nach allen Richtungen fortpflanzt, wird es auch in die Kapillarrisse hineingepreßt und trägt so in beträcht-

lichem Maße zur Zerspaltung des Gesteins bei. Daneben wird aber auch eine Verminderung der beim Zerdrücken des Probestückes zu überwindenden inneren Reibung durch das aufgenommene Wasser bewirkt werden.

305. Die nachfolgenden Versuchsergebnisse mögen einen Anhalt für die Größe der hierbei in Frage kommenden Festigkeitsdifferenzen gewähren.

A. Hanisch: Resultate der Untersuchungen mit Bausteinen der österreichisch-ungarischen Monarchie, Wien 1892:

| Granit Fundort | Mittlere Druckfestigkeit in kg/qcm | | Er- weichungs- koeffizient η | Wasser- aufnahme in Gew.-% |
|-----------------------------------|---------------------------------------|------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|
| | trocken | wassersatt | | |
| Säusenstein in Nieder-Österreich | 1923 | 1788 | 0,93 | 0,50 |
| Friedeberg in Österr.-Schlesien | 1912 | 1887 | 0,98 | 0,79 |
| Jungferndorf in Österr.-Schlesien | 1731 | 1604 | 0,92 | 0,69 |
| Mauthausen in Ober-Österreich | 1612 | 1444 | 0,89 | 0,62 |
| Teltsch in Mähren | 1482 | 1155 | 0,79 | 0,91 |
| Nepomuk in Böhmen | 1470 | 1451 | 0,98 | 0,76 |
| Breitenfurt in Österr.-Schlesien | 1443 | 1092 | 0,76 | 0,99 |
| Baveno in Ober-Italien | 1347 | 1227 | 0,91 | 0,64 |
| Grasstein in Tirol | 1223 | 1169 | 0,95 | 0,58 |
| Trebitsch in Mähren | 1094 | 804 | 0,74 | 1,03 |
| Gmünd in Nieder-Österreich . | 1070 | 908 | 0,85 | 0,94 |
| Mittel | 1482 | 1321 | 0,88 | 0,77 |

| Kristallinischer Kalk Fundort | Mittlere Druckfestigkeit in kg/qcm | | Er- weichungs- koeffizient η | Wasser- aufnahme in Gew.-% |
|----------------------------------|---------------------------------------|------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|
| | trocken | wassersatt | | |
| Koholz in Nieder-Österreich . | 1417 | 1196 | 0,84 | 0,39 |
| Kraßthal in Kärnten | 1359 | 1262 | 0,93 | 0,26 |
| Nonndorf in Nieder-Österreich . | 1229 | 1109 | 0,90 | 0,33 |
| Pörtschach in Kärnten | 1204 | 1131 | 0,94 | 0,42 |
| Ungarschitz in Mähren | 1142 | 1001 | 0,88 | 1,01 |
| Kainachthal in Steiermark . . | 993 | 960 | 0,96 | 0,30 |
| Lindwiese in Österr.-Schlesien | 949 | 885 | 0,93 | 0,62 |
| Mölk in Nieder-Österreich . . | 916 | 831 | 0,90 | 0,88 |
| Sterzing in Tirol | 618 | 547 | 0,88 | 0,42 |
| Mittel | 981 | 880 | 0,90 | 0,51 |

M. Gary: Mitteilungen aus den Kgl. Technischen Versuchsanstalten, Berlin 1897, 1898 und 1900:

| Granit Fundort | Mittlere Druckfestigkeit in kg/qcm | | Er- weichungs- koeffizient η | Wasser- aufnahme in Gew.-% ¹⁾ | Kontroll- bestimmung der Wasser- aufnahme in Gew.-% ²⁾ |
|-----------------------------|------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| | trocken | wasser- satt | | | |
| Hälleforscult in Schweden | 3519 | 3351 | 0,95 | 0,06 | 0,23 |
| Matwik in Schweden . . . | 2877 | 2692 | 0,94 | 0,20 | — |
| Insel Arpö in Schweden . . | 2857 | 2795 | 0,98 | 0,30 | 0,64 |
| Sterno in Schweden . . . | 2800 | 2720 | 0,97 | 0,28 | — |
| Tromsö in Schweden . . . | 2793 | 2451 | 0,87 | 0,20 | 0,46 |
| Nähe von Carlskrona . . . | 2708 | 2664 | 0,98 | 0,20 | 0,63 |
| Brofjorden in Schweden . . | 2708 | 2495 | 0,92 | 0,00 | — |
| Gunön in Schweden . . . | 2681 | 2484 | 0,93 | 0,06 | — |
| Stroebel in Schlesien . . . | 2679 | 2653 | 0,99 | 0,51 | — |
| Reichenstein in Schlesien . | 2653 | 2499 | 0,94 | 0,00 | 0,32 |
| Hufvudsta in Schweden . . | 2590 | 2464 | 0,95 | 0,00 | — |
| Röcknitz in Sachsen . . . | 2578 | 2467 | 0,95 | 0,00 | 0,28 |
| Carlskrona in Schweden . . | 2527 | 2347 | 0,93 | 0,30 | 0,74 |
| Warberg in Schweden . . . | 2440 | 2375 | 0,97 | 0,11 | 0,46 |
| „ „ „ . . . | 2416 | 1988 | 0,82 | 0,56 | — |
| Lysekil in Schweden . . . | 2362 | 2109 | 0,89 | 0,11 | — |
| Stilleryd in Schweden . . . | 2316 | 2104 | 0,91 | 0,00 | — |
| Lysekil in Schweden . . . | 2301 | 2059 | 0,89 | 0,11 | — |
| Ambulto in Schweden . . . | 2262 | 2172 | 0,96 | 0,20 | — |
| Groß-Jungferstein in Sachs. | 2173 | 2044 | 0,94 | 0,00 | 0,33 |
| Geppersdorf in Schlesien . | 2158 | 2061 | 0,95 | 0,00 | 0,29 |
| Oberau | 2063 | 1906 | 0,92 | 0,52 | — |
| Bjornerod in Schweden . . | 1985 | 1893 | 0,95 | 0,00 | — |
| Waldulm im Schwarzwald . | 1454 | 1419 | 0,97 | 0,73 | 0,95 |
| Isteheda in Norwegen . . . | 1163 | 1106 | 0,95 | 0,40 | — |
| Mittel | 2440 | 2296 | 0,94 | 0,20 | — |

¹⁾ Daß Gesteine, welche kein Wasser aufzunehmen vermögen, lediglich durch Wasserlagerung an Festigkeit einbüßen sollen, wie aus den obigen Mitteilungen zu folgern wäre, ist nicht wohl anzunehmen. In der Tat beobachtet man denn auch an den betreffenden Gesteinen eine namhafte Wasseraufsaugung und erhält überdies für die anderen hier angeführten Gesteine höhere Werte, wenn man kleinere Probestücke (Querschnitt etwa $2,5 \times 4$ cm) zu den betreffenden Bestimmungen verwendet; s. die Kontrollbestimmungen.

²⁾ Nach diesseitigen Versuchen.

306. Aus der vorstehenden Zusammenstellung ersieht man, daß die Festigkeitsverminderung, welche frischer Granit und kristallinischer Kalk durch Wassersättigung erleiden, im Durchschnitt etwa $\frac{1}{10}$ der Trockenfestigkeit beträgt. Gesteine, für welche η nicht beträchtlich unter 0,9 hinabgeht, werden daher nicht als in Wasser erweichbar zu betrachten sein. Vielmehr dürfte es sich hierbei, wie bereits erwähnt, im wesentlichen um die Wirkung des in den Poren zusammengedrückten Wassers handeln. Man darf aber annehmen, daß diese Verhältnisse, welche das Resultat der Festigkeitsbestimmungen beeinflussen, bei den sedimentären Gesteinen mit ihrer bis 20fach größeren Wasseraufsaugung in erhöhtem Maße zur Geltung gelangen, so daß nur ein Teil der durch den Versuch gefundenen Festigkeitsverminderung auf die Erweichung des Materials in Anrechnung zu bringen sein wird. Wie groß aber dieser Anteil ist, läßt sich für jeden einzelnen Fall nicht mit Sicherheit bestimmen, und deshalb kann der Erweichungskoeffizient auch nur als ein näherungsweise Vergleichswert betrachtet werden¹⁾.

Zeigen kristallinische Silikatgesteine durch Einwirkung des Wassers eine beträchtlich über $\frac{1}{10}$ der Trockenfestigkeit hinausgehende Festigkeitsverminderung, so ist dieselbe auf einen entsprechenden Verwitterungsgrad der Gemengteile zurückzuführen, wie das auch stets durch mikroskopische Untersuchung an Dünnschliffen des betreffenden Gesteins nachzuweisen ist.

307. Bestimmung des Erweichungskoeffizienten durch Prüfung auf Bohr- bzw. Scherfestigkeit.

Die Ausführung von Gesteinsuntersuchungen behufs Vervollkommnung der Regeln für die Wetterbeständigkeitsprüfung, läßt die Einführung solcher Methoden wünschenswert erscheinen, welche an kleinen Probekörpern ausführbar sind, weil es im allgemeinen nicht zugänglich ist, aus alten Bauwerken, deren Material für jene Studien vorzugsweise in Betracht kommt, so große Werkstücke zu entnehmen, daß daraus die

¹⁾ In den Mitteilungen der Versuchsanstalten begegnet man nicht selten der auffälligen Angabe, daß für gewisse Gesteine die Festigkeit des wassergesättigten Materials größer gefunden wurde als dessen Trockenfestigkeit. Ein solches Resultat kann nur auf die Ungleichmäßigkeit der zu den beiden Versuchsreihen verwandten Gesteinsproben zurückgeführt werden. — Ergibt die Bestimmung der Trockenfestigkeit, daß ein derartig ungleichmäßiges Material vorliegt, so erscheint für die betreffenden Versuche die Auswahl der Probekörper nach der in Abs. 110 S. 57 näher erläuterten Methode unerläßlich.

erforderliche Zahl von Würfeln für Druckfestigkeitsprüfungen hergestellt werden kann.

Es empfiehlt sich in diesem Falle die Erweichungskoeffizienten aus der Bohr- bzw. Scherfestigkeit abzuleiten, deren Bestimmungen sich auch an kleinen Probekörpern, und zwar mit mehrfacher Wiederholung ausführen lassen.

308. Zur Feststellung der Bohrfestigkeit dient der in Fig. 125 abgebildete Apparat.

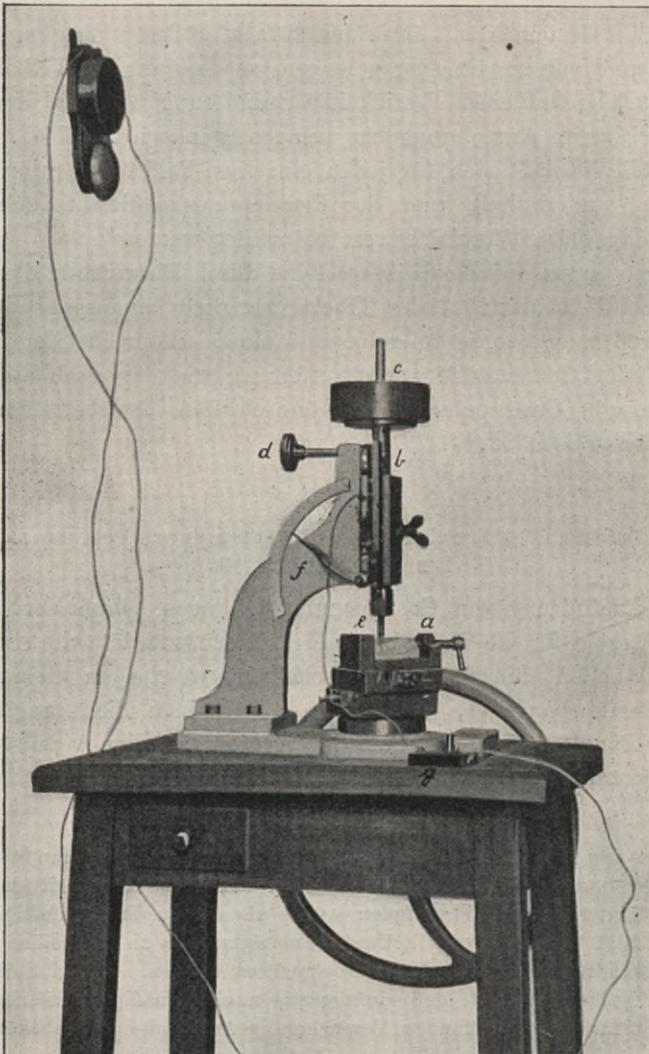


Fig. 125.

Die vierkantige, flache Bohrstange *b*, in welche der Bohrstahl *e* eingesetzt wird, ist in einem Kugelschlitten vertikal beweglich und trägt oben einen Teller zur Aufnahme der scheibenförmigen Gewichte *c*. Mittels der Hebelstange *d* kann das Bohrgestänge sanft auf das Probestück niedergelassen und von demselben wieder abgehoben werden. Die Gesteinsprobe, an welcher mittels des Hammers zwei annähernd parallele Bruchflächen hergestellt worden sind, wird durch die Schraube *a* in den Halter eingeklemmt. Letzterer sitzt auf einem in zwei rechtwinkligen Richtungen durch Spindeln verschiebbaren Doppelschlitten, so daß der Bohrer *e* auf jede beliebige Stelle der Gesteinsprobe eingestellt werden kann. Der Gesteinshalter ist durch Zahnradübertragung mittels eines Schwungrades drehbar; an der Zählvorrichtung *g* kann die Zahl der Umdrehungen abgelesen werden. Der Zeiger *f* gibt an dem geteilten Kreisbogen das Eindringen des Bohrers an, und sobald die gewünschte Tiefe erreicht ist, bewirkt ein eingestellter elektrischer Kontakt das Anschlagen der Glocke. Um den nahezu glasharten Bohrer zu schärfen und mit genau gleichem Winkel der Schneide versehen zu können, wird ein besonders hierfür eingerichteter Schleifapparat, mit Karborundumscheiben ausgestattet, verwendet.

Der Bohrer *S* (Fig. 126) ist exzentrisch in die Bohrstange eingesetzt, so daß er bei seiner Drehung seitlich gegen die in dem weicheren Bindemittel eingebetteten Körner drückt. Die Belastung des Bohrers wird so bemessen, daß ein Zerdrücken der härteren körnigen Bestandteile ausgeschlossen ist. Da es sich bei Anwendung dieser Methode lediglich um vergleichende Messungen an einem und demselben Gestein handelt, durch welche der Quotient

$$\frac{\text{Nassfestigkeit}}{\text{Trockenfestigkeit}}$$

bestimmt werden soll, so kann für jedes Gestein die Minimalbelastung zur Anwendung kommen, bei welcher ein gleichmäßiges Fortschreiten der Bohrung in dem trockenen Material erreichbar ist. Zur Bestimmung des Erweichungskoeffizienten dient alsdann die Zahl der Umdrehungen, welche erforderlich war, um bei gleicher Belastung die gleiche Bohrtiefe an dem Gestein in trockenem und wassererweichtem Zustande zu erreichen.

309. Die Zuverlässigkeit der vorgedachten Untersuchungen kann jedoch bei sehr harten Gesteinen beeinträchtigt werden durch das Abschleifen des Bohrmeißels; bei stark tonigen Gesteinen in nassem Zustande dagegen durch die Verminderung der Angriffsfähigkeit des Meißels.

R. Schenck hat daher den Versuch gemacht, den Erweichungskoeffizienten durch die Scherfestigkeit zu bestimmen¹⁾. Er bedient

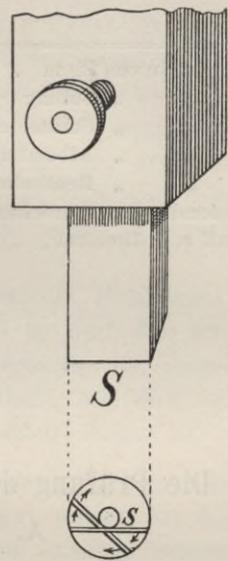


Fig. 126.

¹⁾ S. Bautechnische Gesteinsuntersuchungen, Mitteilungen a. d. Mineralog.-geolog. Institut d. Technischen Hochschule Berlin. I. Jahrg. 1910. Heft 1, S. 45.

sich hierbei der in Fig. 43 S. 65 abgebildeten Vorrichtung, unter Verwendung rechtwinkliger Probestücke von $4 \times 1,5$ cm Querschnitt.

Die auf diese Weise erhaltenen Koeffizienten stimmen mit den aus der Zugfestigkeit abgeleiteten Werten gut überein, wie die nachfolgenden bisher ausgeführten Versuche erkennen lassen, so daß die Anwendung der Scherfestigkeitsprüfung für derartige Bestimmungen empfehlenswert erscheint.

| | Erweichungskoeffizient berechnet aus der | | |
|-----------------------------|------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Zugfestigkeit η_z | Bohrfestigkeit η_b | Scherfestigkeit η_s |
| Sandstein von Pirna | 0,60 | 0,73 | 0,64 |
| „ „ Solling | 0,70 | 0,63 | 0,69 |
| „ „ Stadtoldendorf | 0,70 | 0,70 | 0,73 |
| „ „ Albendorf | 0,73 | 0,83 | 0,72 |
| „ „ Bentheim | 0,72 | 0,75 | 0,72 |
| Dolomit „ Anröchte | 0,86 | 0,77 | 0,84 |
| Tuff a. d. Brohltal | 0,79 | 0,85 | 0,80 |

Kapitel 14.

Die Prüfung der Gesteine auf ihre Frostbeständigkeit.

A. Zur Theorie der Frostwirkung.

310. Alle Gesteine, selbst die dichtesten, besitzen einen gewissen Grad von Porosität und demnach eine entsprechende Wasseraufsaugungsfähigkeit. Diese Eigenschaft kann wesentlich erhöht werden durch die unter dem Einfluß der atmosphärischen Agentien sich vollziehenden Veränderungen in den Gesteinen, wobei namentlich in Betracht kommen:

- die Bildung von feinen Spalten und Kapillarrissen durch Ausdehnung und Zusammenziehung des Gesteins zufolge der atmosphärischen Temperaturschwankungen;
- die durch chemische Veränderungen bewirkte Auflockerung des Gesteinsgefüges;
- die erweichende und ausnagende Wirkung des Wassers, wie solche namentlich bei sedimentären Gesteinen mit tonigem oder mergeligem Bindemittel zur Geltung gelangt.

Gefriert das Wasser in den Poren und Kapillaren des Gesteins, so kann dasselbe dadurch in gewissen Fällen mit elementarer Gewalt zersprengt werden.

Um eine wissenschaftliche Grundlage für die Frostbeständigkeitsprüfung der Gesteine zu gewinnen, ist es zunächst erforderlich, die Bedingungen festzustellen, unter denen die Expansivkraft des gefrierenden Wassers auf die Wandungen der Gesteinshohlräume destruktiv einzuwirken vermag, und andererseits diejenigen Gesteinseigenschaften kennen zu lernen, durch welche die Herbeiführung jener Bedingungen ermöglicht bezw. ausgeschlossen wird.

311. Die notwendige Voraussetzung für die Frostwirkung im Gestein ist ein bestimmter Grad der Wasserfüllung der Gesteinsporen. Denn es ist ohne weiteres klar, daß die mechanische Kraft des in den Hohlräumen des Gesteins gefrierenden Wassers nur dann eine Wirkung auf die umschließenden Porenwandungen ausüben kann, wenn die Hohlräume vom Wasser derartig erfüllt sind, daß dasselbe im Moment des Gefrierens keinen genügenden Raum zu seiner ungehinderten Ausdehnung findet.

Benetzt das aufgesogene Wasser nur die Wände der Hohlräume, oder füllt es dieselben nur zum geringen Teil aus, so darf eine zerstörende Wirkung des gefrierenden Wassers naturgemäß als ausgeschlossen gelten, selbst wenn der Porositätskoeffizient, wie dies bei stark kavernösen Gesteinen der Fall sein kann, ein relativ hoher ist.

312. Nach den Bestimmungen von Bunsen ist das spezifische Gewicht des Eises von $0^{\circ}\text{C} = 0,916$. Die Ausdehnung, welche das bei 0° gefrierende Wasser im Moment seines Festwerdens erleidet, beträgt also etwa $\frac{1}{10}$ von dem Volumen des Wassers bei 0°C .

Im allgemeinen wird man also annehmen dürfen, daß das vom Gestein aufgenommene Wasser nur dann eine zerstörende Frostwirkung auszuüben vermag, wenn die Hohlräume des Gesteins auf mehr als $\frac{9}{10}$ ihres Volumens mit Wasser gefüllt sind.

313. Bei dieser Annahme wird vorausgesetzt, daß das Wasser im Moment des Gefrierens befähigt ist, sich in dem leeren Teil des Hohlraums auszudehnen, ohne einen erheblichen Druck auf die umschließenden Wände auszuüben.

Um die Richtigkeit dieser Voraussetzung auf experimentellem Wege zu prüfen, sind folgende Versuche ausgeführt worden:

Kleine Glasgefäße und Kapillarröhren, wie sie in Fig. 127 *a* bis *g*, nach Form und Größe abgebildet sind, wurden auf etwa $\frac{9}{10}$ ihres Inhaltes mit Wasser

gefüllt (bis zur Marke *w*) und hierauf einer Temperatur von -15°C ausgesetzt. Der Erfolg war, daß das gebildete Eis die Gefäße *a* bis *d* vollständig füllte, ohne dieselben zu zersprengen. Das gleiche Ergebnis fand sich bei der einseitig geschlossenen Kapillare *e* und der beiderseitig geschlossenen Kapillare *f*;

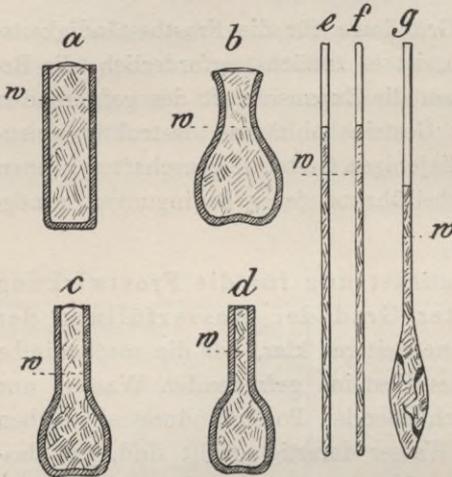


Fig. 127.

nur die Kapillare *g*, welche an einem Ende zu einer größeren Birne ausgeblasen war, zeigte an dem letzteren Teile mehrere Risse¹⁾. Es folgt hieraus, daß das Wasser beim Gefrieren in größeren Hohlräumen wie in Kapillaren eine beträchtliche Druckwirkung nicht ausübt, wenn das Eis eine verhältnismäßig auch nur enge „Öffnung“ zu seiner Ausdehnung findet. Nur wenn ein größerer, lediglich durch eine feine Kapillare geöffneter Hohlraum völlig mit Wasser gefüllt ist, tritt beim Gefrieren eine die Wände des Glasgefäßes zersprengende Druckwirkung ein.

314. Bei einem zweiten Versuche wurden gleichartige Glasfläschchen vollständig mit Wasser gefüllt und einer Temperatur von -15°C ausgesetzt. Hierbei war das gebildete Eis aus den Gefäßen in Form eines kurzen Zylinders bei *a* bis *c* und als dünner langer Faden bei *d* und *e*, in sämtlichen Fällen mit pilzartig aufgesetztem Knopf hinausgedrungen (Fig. 128). Das Gefrieren des

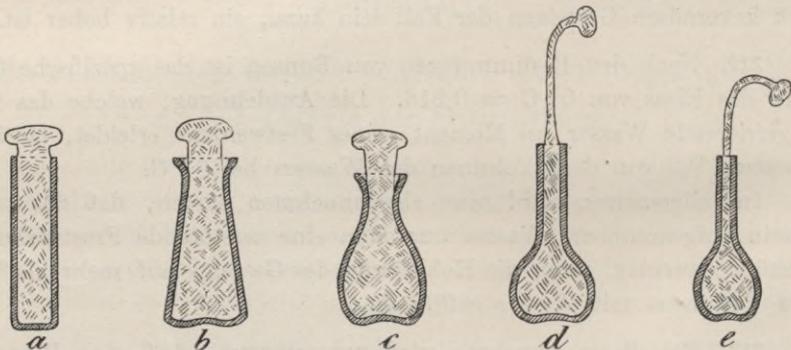


Fig. 128.

Wassers hatte also an der Oberfläche begonnen, so daß die Fläschchen mit einem Eispfropfen verschlossen worden waren, und erst dann war der Inhalt, beim Fortschreiten des Gefrierens, durch den engen Hals der Fläschchen hinausgepreßt worden, ohne daß ein Zersprengen derselben stattgefunden hätte.

¹⁾ Die Versuche wurden an 20 Fläschchen *a* bis *d* und 15 Kapillaren *e* bis *g* mit stets gleichem Resultat wiederholt.

315. Es gewähren diese Versuche einen interessanten Einblick in den Verlauf des Frostprozesses, wie er in ähnlicher Weise auch in den Hohlräumen wassergetränkter Gesteine stattfinden wird. Gesteine mit zusammenhängenden, nicht zu engen Porenzügen, die nach der Außenfläche des Gesteins münden, werden hiernach auch bei vollkommener Wasserfüllung keine beträchtliche Frostwirkung erfahren, vielmehr wird hier ein Herauspressen des sich in den Hohlräumen bildenden Eises erfolgen, so daß das Gestein äußerlich mit granulösem oder fadenförmigem Eis bedeckt wird, ein Fall, wie er häufig, namentlich bei stark porösen Sandsteinen, zu beobachten ist und an die Erscheinung des Rauheifes erinnert. Nur wenn die größeren Poren durch Kapillaren untereinander und mit der Oberfläche in Verbindung stehen, oder wenn das Gestein von einem zusammenhängenden Kapillarnetz durchzogen wird, ist bei vollkommener Wassersättigung eine erhebliche Frostwirkung zu erwarten. Sind dagegen die Hohlräume des Gesteins auf weniger als 0,9 ihres Volumens mit Wasser gefüllt, so wird in keinem Falle durch den Frost eine namhafte Druckwirkung auf die Porenwandungen ausgeübt werden. Von welchem maßgebenden Einfluß der Grad der Wasserfüllung der Gesteinsporen auf die Frostwirkung ist, dafür spricht die Tatsache, daß Gesteine, welche sich unter natürlichen Verhältnissen, infolge unvollkommener Wassersättigung, durchaus frostbeständig erweisen, bei gänzlicher Wasserfüllung ihrer Hohlräume im Vakuum der Frostwirkung vollständig erliegen.

Es mag hierfür eine Auswahl aus den von Bauschinger mitgeteilten Frostprüfungen¹⁾ als Beleg dienen.

| Gestein | Druckfestigkeit | Durch Aufsaugen mit Wasser getränkt | Unter der Luftpumpe mit Wasser gesättigt |
|------------------------------|-----------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Kalkstein von Abenberg | 685 | Nach 31 maligem Gefrieren keine Sprünge | Nach 5 maligem Gefrieren in 2 Stücke zersprengt. |
| Jurakalk (Kehlheimer Marmor) | 624 | Nach 25 maligem Gefrieren fast unversehrt | Nach 3 maligem Gefrieren zerrissen. |
| Sandstein von Zeil | 583 | Nach 25 maligem Gefrieren keine Veränderung | Nach 8 maligem Gefrieren Abblätterungen. |
| Grünstein von Ihrlenstein | 303 | Nach 25 maligem Gefrieren unversehrt | Nach 4 maligem Gefrieren diagonal zerrissen; nach 12 maligem Gefrieren zersprengt. |

¹⁾ Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium d. Kgl. Techn. Hochschule zu München, Heft 19, 1889.

| Gestein | Druckfestigkeit | Durch Aufsaugen mit Wasser getränkt | Unter der Luftpumpe mit Wasser getränkt |
|---------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schilfsandstein von Fürth | 158 | Nach 25 maligem Gefrieren keine Risse | Nach 3 maligem Gefrieren mitten durchgerissen. |
| Tuffstein von Polling | 25 | Nach 25 maligem Gefrieren keine Sprünge | Nach 14 maligem Gefrieren Sprünge durch das ganze Material. |
| Granit, grobkörnig, sehr quarzreich, von unbekannter Herkunft | 1200 | Unverändert | Bei 8 maligem Gefrieren Ausspringen der Glimmerblättchen; die polierten Seitenflächen wurden matt. |
| Ziegelstein, Fabrik Landshut | 108 | Nur unbedeutende Frostwirkung | Nach 6 maligem Gefrieren auseinander gesprengt. |
| Ziegelstein, Fabrik Rheinau | 255 | Nur sehr geringe Frostwirkung | Nach 3 maligem Gefrieren zersprengt. |

Wir haben hier also eine Reihe der verschiedenartigsten Gesteine, welche ganz unabhängig von ihrer Festigkeit, die zwischen 25 und 1200 kg pro qcm liegt, bei freiwilliger Wasseraufsaugung unzerfrierbar erscheinen, während sie schnell vom Frost zerstört werden, sobald ihre Poren, unter Anwendung der Luftpumpe, mit Wasser gefüllt worden sind.

316. Auch nach den Versuchen von Blümke¹⁾ widerstehen die Gesteine bei ihrer Wassersättigung unter der Luftpumpe nur selten dem Frost. Bei den ausgeführten Prüfungen der im Vakuum gesättigten Gesteine haben sich nur einige sehr dichte Marmorarten von Carrara, Belgien und Nassau (mit dem sehr niedrigen Porositäts-Koeffizienten 1 bis 1,2) als vollständig und ein Granit von Kittlmühle bei Passau als nahezu frostbeständig erwiesen. Es ist jedoch zu bemerken, daß die Wassersättigung mittels der Luftpumpe in der Regel keine vollständige ist; daß vielmehr durch Anwendung eines Druckes von 100 bis 200 Atmosphären in den meisten Fällen, selbst bei dichten Gesteinen, wie Marmor und Granit, eine meist nicht unerhebliche Steigerung der Wasseraufnahme stattfindet (s. hierüber die Versuche in Abs. 208).

317. Der Grad der natürlichen Wasserfüllung der Gesteinsporen erscheint demnach als ein grundlegendes Kriterium für die Beurteilung der Frostbeständigkeit der Gesteine.

¹⁾ Zentralblatt der Bauverwaltung 1885, S. 379 und Zeitschrift für Bauwesen 1885, S. 103 u. f.

Bezeichnet w_c das zur vollständigen Ausfüllung der Gesteinsporen erforderliche Wasserquantum, w_2 die Menge des lediglich durch Kapillarkwirkung aufgenommenen Wassers bei langsamem Eintauchen der Probe, so wird das Maß der Porenfüllung für die natürliche Wasseraufsaugung ausgedrückt durch den Quotienten

$$\frac{w_2}{w_c} = S.$$

Dieser Wert für S wird als „Sättigungskoeffizient“ bezeichnet.

318. Der Theorie nach müßte $S = 0,9$ als Maximalwert für frostbeständige Gesteine angenommen werden, so daß alle Gesteine, für welche S einen niedrigeren Wert erlangt, als frostbeständig zu bezeichnen wären. Man darf hierbei aber nicht außer acht lassen, daß die einzelnen Poren eines Gesteins wohl niemals in gleichem Maße von dem freiwillig aufgenommenen Wasser erfüllt werden; ja es kann der Fall eintreten, daß ein geringer Teil der Gesteinsporen nahezu vollkommen mit Wasser gefüllt ist, obgleich der experimentell bestimmte Sättigungskoeffizient beträchtlich unter dem theoretischen Grenzwert liegt. Welche besonderen Strukturverhältnisse der Gesteine derartige Sättigungsverhältnisse herbeizuführen vermögen, soll später eingehender erörtert werden (siehe Abs. 322—325).

Im allgemeinen wird man aber auch ohne besondere strukturelle Gesteinsuntersuchung mit einem empirisch festgestellten mittleren Grenzwert für S auskommen können, der nach Beobachtungen an etwa 1200 verschiedenen Gesteinen auf $0,8$ normiert worden ist.

319. Die folgenden Beispiele mögen eine Übersicht gewähren über die Beziehungen des Sättigungskoeffizienten verschiedener Gesteine zu ihrem Frostbeständigkeitsgrade, wie solcher nach dem Verhalten der betreffenden Materialien an älteren Bauwerken bestimmt worden ist. Vertreten sind in dieser Zusammenstellung sowohl frostbeständige Gesteine als auch solche, deren Verwitterungserscheinungen (Bildung von Spalten, feinen Rissen und Abblätterungen) mit Sicherheit auf Frostwirkung zurückzuführen sind. Der Fundort der letzteren Gesteine ist mit einem *) bezeichnet. Der Wert für w_c (maximale Wassersättigung) ist bestimmt worden unter Anwendung des Vakuums und darauffolgenden Druckes von 50 Atmosphären für lockere und 150 Atmosphären für kompakte Gesteine¹⁾. (Näheres über die experimentelle Ausführung dieser Bestimmung siehe in Kap. 8.)

¹⁾ Die Beobachtungen des Verwitterungsgrades sind an Hochbauten gemacht worden, falls nicht anderes angeführt ist.

| Fundort des Gesteins | Alter des Bau- werks, zu welchem das Ge- stein verwandt wurde | Verwitterungsgrad des Gesteins nach Beobachtungen an dem betreffenden Bauwerk | | Sätti- gungs- koeffi- zient |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Verwitterungsrinde | Beschaffen- heit des Bau- gesteins im Innern | |

1. Sandstein

a) Buntsandstein.

| | | | | |
|---------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------|------|
| 1. Mürlenbach . . . | etwa 1000 Jahre | Unbedeutend | Ziemlich fest | 0,61 |
| 2. Trier | etwa 1850 Jahre | Unbedeutend | Ziemlich fest | 0,62 |
| 3. Wasserliesch . . | etwa 800 Jahre | Unbedeutend | Ziemlich fest | 0,70 |
| 4. Dören | etwa 1600 Jahre | Unbedeutend bis ziemlich stark | Ziemlich fest | 0,54 |
| 5. Marlewig | 400, z. T. 1000 Jahre | Gesimsstücke auf den Spalt gestellt, schichtig ausgewittert | Ziemlich fest | 0,62 |
| 6. Heddesheim *) . | 5 Jahre (Brücke) | Z. T. gänzlich ver- wittert | — | 0,83 |

b) Kreideformation.

| | | | | |
|------------------------|--------------------------------|--------------------|---------------|------|
| 7. Obernkirchen . . | 500, z. T. 900 Jahre | Unbedeutend | Ziemlich fest | 0,55 |
| 8. Bentheim | 800 Jahre | Unbedeutend | Fest | 0,55 |
| 9. Grüssau *) . . . | 28 Jahre (Wegeunterführung) | Ziemlich gering | Sehr mürbe | 0,90 |
| 10. Lünern *) | 600 Jahre | Sehr bedeutend | Sehr mürbe | 0,91 |
| 11. Soest *) | 800 Jahre | Ziemlich bedeutend | Rissig | 0,89 |
| 12. Werl *) | 400 Jahre | Ziemlich bedeutend | Mürbe | 0,88 |

c) Rotliegendes (Dyas).

| | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------|------|
| 13. Vilbel *) | etwa 1600 Jahre | Ziemlich stark | Mürbe | 0,59 |
| 14. Alvensleben *) . | etwa 600 Jahre | Ziemlich bedeutend | Ziempl. mürbe | 0,78 |
| 15. Fischbach *) . . | 34 Jahre (Wegeunterführung) | Ziemlich stark | Sehr mürbe | 0,86 |
| 16. Rothenburg *) . | 125 Jahre | Stark narbig | Ziemlich bröcklig | 0,89 |

d) Keuperformation.

| | | | | |
|------------------------|-------------------|--------------------|-------|------|
| 17. Velpke | 400 bis 500 Jahre | Unbedeutend | Fest | 0,51 |
| 18. Kleft *) | 700 bis 800 Jahre | Ziemlich bedeutend | Mürbe | 0,82 |

e) Steinkohlenformation.

| | | | | |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------|------|
| 19. Dortmund | 500 Jahre | Unbedeutend | Fest | 0,73 |
| 20. Staudernheim *) . | 400 Jahre | Ziempl. beträchtlich | Mürbe | 0,84 |

| Fundort des Gesteins | Alter des Bau- werks, zu welchem das Ge- stein verwandt wurde | Verwitterungsgrad des Gesteins nach Beobachtungen an dem betreffenden Bauwerk | | Sätti- gungs- koeffi- zient |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Verwitterungsrinde | Beschaffen- heit des Bau- gesteins im Innern | |
| 21. Elberfeld*) . . | 140 Jahre | Z. T. ziemlich be- deutend | Rissig | 0,88 |
| 22. Barmen*) . . | 100 Jahre | Sehr beträchtlich | Stark rissig | 0,98 |
| 23. Ruhrtal*) . . | 60 Jahre | Ziemlich gering | Einzelne Steine rissig | 0,81 |
| 24. Beyerfeld*) . . | 17 Jahre | Z. T. bereits ver- wittert | — | 0,83 |

2. Kalkstein.

a) Devonformation.

| | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------------------------|------|
| 25. Schönecken . . | 560 Jahre | In Spuren | Vollkommen fest | 0,71 |
| 26. Beckum . . . | 500 Jahre | In Spuren | Vollkommen fest | 0,62 |
| 27. Rären*) . . . | 450 Jahre | In Spuren | Zeigt zahl- reiche Risse | 1,0 |
| 28. Eupen*) . . . | 150 Jahre | In Spuren | Rissig | 1,0 |

b) Steinkohlenformation.

| | | | | |
|-------------------------------|---------------------|--------------|------------------------------|------|
| 29. Cornely- münster . . . | 500 bis 900 Jahre | Unbedeutend | Fest | 0,77 |
| 30. Belgien*) . . | 60 Jahre (Schleuse) | Beträchtlich | Abblätterun- gen u. Risse | 1,0 |

c) Zechsteinformation.

| | | | | |
|-------------------|-----------|--------------------|-----------|------|
| 31. Ellrich . . . | 500 Jahre | Unbedeutend | Sehr fest | 0,52 |
| 32. Rainberg*) . | 650 Jahre | Zeigt Abblätterung | Bröcklig | 0,83 |

d) Rogenstein der Buntsandsteinformation.

| | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|------|
| 33. Sangerhausen . | 300, z. T. 900 Jahre | Mäßig | Fest | 0,65 |
| 34. Beesenlaub- lingen*) . . . | 800 Jahre | Z. T. sehr beträchtlich | Z. T. bröck- lig | 0,82 |
| 35. Aderstädt*) . | 56 Jahre (Durchlaß) | Das Material zeigt bereits Abbröckelungen | — | 0,99 |

| Fundort des Gesteins | Alter des Bauwerks, zu welchem das Gestein ver- wandt wurde | Verwitterungsgrad des Gesteins nach Beobachtungen an dem betreffenden Bauwerk | | Sättigungs- koeffizient |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------|
| | | Verwitterungsrinde | Beschaffen- heit des Bau- gesteins im Innern | |

e) Muschelkalkformation.

| | | | | |
|--------------------|------------|-----------------------------------------|-------------------|------|
| 36. Trier | 1800 Jahre | Verhältnismäßig unbedeutend | Fest | 0,62 |
| 37. Nordhausen . | 850 Jahre | Unbedeutend | Fest | 0,49 |
| 38. Aschersleben . | 450 Jahre | Ziempl. beträchtlich | Noch ziempl. fest | 0,70 |
| 39. Weißenfels*) . | 45 Jahre | Bereits beträcht- liche Verwitterung | Rissig | 0,96 |

f) Liasformation.

| | | | | |
|---------------------------------|----------|-------------------|-----------------------------|-----|
| 40. Perthois (Frankreich*) . | 30 Jahre | Sehr beträchtlich | Starke Schicht- spaltung | 1,0 |
|---------------------------------|----------|-------------------|-----------------------------|-----|

g) Kreideformation.

| | | | | |
|--------------------|----------------------|---------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 41. Anröchte . . . | 42 Jahre (Brücke) | Einige Steine zeigen Ab- blätterungen | — | An Proben aus dem noch in- takten Innern abgeblätterter Steine 0,86 an frostbeständi- gen Proben 0,77 |
|--------------------|----------------------|---------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

3. Dachschiefer.

| | | | | |
|--------------------|-----------|-------------------------------------------------------------|---|------|
| 42. Nordenau . . . | 630 Jahre | Sehr geringe schup- pige Abblätterung (Sonnenwirkung) | — | 0,67 |
| 43. Goslar | 202 Jahre | Geringe schuppige Abblätterung (Sonnenwirkung) | — | 0,69 |
| 44. Fredeburg*) . | 150 Jahre | Weich, brüchig und abblätternd | — | 0,90 |
| 45. Teschen*) . . | 8 Jahre | Starke Verwitterung und Abblätterung | — | 1,0 |

| Fundort des Gesteins | Alter des Bau- werks, zu welchem das Ge- stein verwandt wurde | Verwitterungsgrad des Gesteins nach Beobachtungen an dem betreffenden Bauwerk | | Sätti- gungs- koeffi- zient |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Verwitterungsrinde | Beschaffen- heit des Bau- gesteins im Innern | |

4. Leucitphonolith-Tuff.

| | | | | |
|------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|---|------|
| 46. Brohltal . . . | 700 Jahre | Unbedeutend | — | 0,71 |
| 47. Weibern . . . | 550 Jahre | Unbedeutend | — | 0,74 |
| 48. Brohltal*), aus den schlech- teren Lagen . | 370 bis 500 Jahre | Ziemlich beträcht- liche Abwitterung | — | 0,86 |

5. Basalt.

| | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------|------|------|
| 49. Fritzlar . . . | 600 Jahre | Unbedeutend | — | 0,64 |
| 50. Siebengebirge . | 756 Jahre | Unbedeutend | Fest | 0,70 |
| 51. Am Peters- berg*) . . . | 69 Jahre (Wasserbau) | Z. T. rissig | — | 0,83 |
| 52. Desgleichen | 69 Jahre (Wasserbau) | Rissige Oberfläche | — | 1,0 |

320. Die vorstehenden Beobachtungen bestätigen die Annahme, daß der obere Grenzwert des Sättigungskoeffizienten S für frostbeständige Gesteine im Durchschnitt auf 0,8 zu beziffern ist.

Es fehlt jedoch nicht an Ausnahmen der Art, daß gewisse Gesteine trotz eines Sättigungskoeffizienten von 0,82 bis 0,84 sich als frostbeständig erweisen, während andere bei niedrigerem, bis auf 0,7 hinabgehenden Koeffizienten der Frostwirkung erliegen.

Der erstgenannte Fall kommt ausschließlich bei sehr dichten Gesteinen mit einem Porositätskoeffizienten unter 1,3 vor, während Gesteine mit dem Sättigungskoeffizienten 0,7 bis 0,8 frostunbeständig sein können, wenn sie eine vollkommene Schichtung bezw. Schieferung besitzen oder aber infolge besonderer Strukturverhältnisse eine sehr ungleiche Wasserfüllung der Hohlräume aufweisen, so daß der Sättigungskoeffizient für einen namhaften Teil der Poren

größer als 0,8, für die übrigen Poren dagegen beträchtlich kleiner als jener Grenzwert ist. Endlich ist bei niedrigerem Sättigungskoeffizienten für sedimentäre Gesteine eine Frostwirkung zu erwarten, wenn das Bindemittel der körnigen Bestandteile die Fähigkeit besitzt, in Wasser stark zu erweichen¹⁾.

321. Die Frostunbeständigkeit der Gesteine bei einem Sättigungskoeffizienten unter 0,8 ist demnach zurückzuführen:

- a) auf eine besondere morphologische Ausbildung der Gesteinsporen und ihren Zusammenhang untereinander;
- b) auf eine regelmäßige Anordnung der Gesteinsporen in parallelen Lagen;
- c) auf die Erweichungsfähigkeit des Gesteinsbindemittels in Wasser.

Die Feststellung der einschlägigen Verhältnisse gehört zu den wichtigsten, aber unter Umständen auch zu den schwierigeren Aufgaben der Gesteinsprüfung.

Namentlich für die Bestimmung der räumlichen Anordnung und des Zusammenhanges der Kapillaren und feineren Poren im Gestein fehlt es an einer direkten Methode, und man ist hier darauf angewiesen, aus der verschiedenen Wasseraufsaugungsfähigkeit desselben Gesteins unter experimentell veränderten Bedingungen auf die morphologische Ausbildung der Porositätsverhältnisse zu schließen²⁾.

¹⁾ In der Regel werden Gesteine mit einem in Wasser erweichbaren Bindemittel, weil dieses fast vollkommen wassergesättigt wird, einen Sättigungskoeffizienten über 0,8 haben. Infolge besonderer Strukturverhältnisse aber, wie z. B. beim Auftreten größerer Hohlräume in solchen Gesteinen, kann der experimentell bestimmte Wert für S auch beträchtlich unter 0,8 hinabgehen.

²⁾ Versuche, einen unmittelbaren Einblick in die Porositätsverhältnisse der Gesteine dadurch zu gewinnen, daß man die Hohlräume durch Einpressung einer dunklen, schnell erhärtenden Flüssigkeit ausfüllt und aus dem so präparierten Material Dünnschliffe für die mikroskopische Untersuchung anfertigt, lieferten keine befriedigenden Ergebnisse, weil zur Ausfüllung der größeren Hohlräume ein sehr dickflüssiger Farbstoff verwendet werden mußte, der die feineren Kapillaren nur unvollkommen zu durchdringen vermochte. Für stark poröse Sandsteine ergab ein mehrstündiges Erwärmen mit Asphaltlack verhältnismäßig die besten Resultate. — Aber auch bei solchen Präparaten gewährte die Erscheinung in der Schliffebene für die Beurteilung des räumlichen Zusammenhanges der Hohlräume in schwierigeren Fällen keinen sicheren Anhalt. (Über anderweitige Färbungsversuche s. Kapitel 11, S. 172.)

Im nachfolgenden sollen die bezüglichen Verhältnisse eingehender erörtert werden. Ihre Berücksichtigung bei der Frostprüfung beschränkt sich jedoch, wie ausdrücklich hervorzuheben ist, auf die oben unter a) erwähnten Ausnahmefälle.

B. Die verschiedenen Porositätstypen und ihre Beziehungen zur Wasseraufnahmefähigkeit der Gesteine.

322. Das Maß der Wasseraufsaugung eines Gesteins ist im allgemeinen abhängig:

1. von dem Gesamtvolumen seiner Hohlräume;
2. von der morphologischen Ausbildung der Hohlräume und ihrem mehr oder weniger vollkommenen Zusammenhange;
3. von den äußeren Bedingungen der Wassereinwirkung und dem dabei obwaltenden Drucke.

Da die Ungleichheit der Wasseraufnahme, welche ein und dasselbe Gestein unter verschiedenen äußeren Bedingungen erfährt, lediglich von der Form, Größe und dem Zusammenhange der Hohlräume abhängt, so können diese Beziehungen auch einen Anhalt für die Beurteilung des Porositätscharakters gewähren. Es wird z. B. ein größerer Unterschied der Wasseraufnahme bei schnellem und langsamem Eintauchen des Probestückes dann eintreten, wenn das Gestein von vielfach miteinander zusammenhängenden Poren bzw. Kapillaren durchzogen wird, weil in diesem Falle sämtliche Höhlungen dem Wasser von der Außenfläche des Gesteins her zugänglich sind und ein vollkommeneres Entweichen der in den Hohlräumen eingeschlossenen Luft bei langsamem Eindringen des Wassers stattfinden kann. Sind die Hohlräume nicht zusammenhängend, so wird der Unterschied in den beiden Fällen der Wasseraufsaugung nur gering sein.

Findet die Wassersättigung im Vakuum statt, so ist eine beträchtliche Zunahme der Wasseraufnahme namentlich dann zu erwarten, wenn größere Hohlräume durch Spalten oder gröbere Kapillaren miteinander in Verbindung stehen. Dagegen wird sich die Wasseraufnahme bei Anwendung eines stärkeren Druckes erheblich steigern, wenn isolierte Poren durch feine Kapillaren verbunden oder durch feinporige Zwischenwände voneinander getrennt sind.

323. Nach den bei den einschlägigen Untersuchungen gewonnenen Erfahrungen lassen sich folgende Beziehungen zwischen den Porositätstypen der Gesteine und ihrer Wasseraufsaugung feststellen:

Wasseraufnahme der Gesteine bei verschiedenem Porositätscharakter.

(Hierzu Taf. VII, Fig. 1 bis 8.)

| Porositätstypus | Struktur und Porositätscharakter | Wasseraufnahme: W_1 : Bei schnellem Eintauchen d. Probe W_2 : " allmählichem " " " W_3 : Im Vakuum W_4 : Bei 120 Atm. Druck | Graphische Darstellung der Wasseraufnahme bei den unter W_1 bis W_4 angegebenen Bedingungen Porositätstypus I bis III b |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | Gestein mit dichtem Mineralgefüge und unzusammenhängenden Kapillaren s. Fig. 1 Taf. VII | W_1 : Sehr gering W_2 : Wie W_1 , oder wenig größer W_3 : Namhaft größer als W_2 W_4 : Gleich oder wenig größer als W_3 | |
| IIa | Gestein mit dichtem Mineralgefüge und netzartig zusammenhängenden, sehr feinen Kapillaren s. Fig. 2 | W_1 : Mehr oder weniger beträchtlich W_2 : Etwas größer als W_1 W_3 : Namhaft größer als W_2 W_4 : Etwas größer als W_3 | |
| IIb | Gestein mit dichtem Mineralgefüge und netzartig zusammenhängenden gröberen Kapillaren s. Fig. 2 | W_1 : Mehr oder weniger beträchtlich W_2 : Namhaft größer als W_1 W_3 : Wenig größer als W_2 W_4 : Wenig größer als W_3 | |

| Porositätstypus | Struktur und Porositätscharakter | Wasseraufnahme: W_1 : Bei schnellem Eintauchen d. Probe W_2 : " allmählichem " " " W_3 : Im Vakuum W_4 : Bei 120 Atm. Druck | Graphische Darstellung der Wasseraufnahme bei den unter W_1 bis W_4 angegebenen Bedingungen Porositätstypus III a bis VI |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III a | Gestein mit dichtem Mineralgefüge, vereinzelt größeren Hohlräumen und zusammenhängenden, sehr feinen Kapillaren s. Fig. 3 | W_1 : Mehr oder weniger beträchtlich W_2 : Wie W_1 , aber wenig größer W_3 : Etwas größer als W_2 W_4 : Beträchtlich größer als W_3 | |
| III b | Gestein mit dichtem Mineralgefüge, vereinzelt größeren Hohlräumen und zusammenhängenden gröberen Kapillaren s. Fig. 3 | W_1 : Meist ziemlich beträchtlich W_2 : Etwas größer als W_1 W_3 : Beträchtlich größer als W_2 W_4 : Beträchtlich größer als W_3 | |
| IV | Gestein mit dichtem Mineralgefüge und zusammenhängenden größeren Porenzügen s. Fig. 4 | W_1 : Meist ziemlich reichlich W_2 : Erheblich größer als W_1 W_3 : Bedeutend größer als W_2 W_4 : Wenig größer als W_3 | |

| Porositätstypus | Struktur und Porositätscharakter | Wasseraufnahme: | Graphische Darstellung der Wasseraufnahme bei den unter W_1 bis W_4 angegebenen Bedingungen |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| V | Gestein mit sehr reichlichen kleineren Poren zwischen den körnigen Bestandteilen (Texturporen) s. Fig. 5 | W_1 : Bei schnellem Eintauchen d. Probe W_2 : " allmählichem " " " W_3 : Im Vakuum W_4 : Bei 120 Atm. Druck | |
| VI | Gestein mit sehr reichlichen kleineren Poren zwischen den körnigen Bestandteilen (Texturporen) und größeren Hohlräumen (Strukturporen) s. Fig. 6 | W_1 : Reichlich W_2 : Meist nur wenig größer als W_1 W_3 : Sehr beträchtlich größer als W_2 W_4 : Wenig größer als W_3 | |
| VII | Gestein mit reichlichen, netzartig zusammenhängenden Kapillaren im Bindemittel, ohne größere Hohlräume s. Fig. 7 | W_1 : Reichlich W_2 : Meist nur wenig größer als W_1 W_3 : Sehr beträchtlich größer als W_2 W_4 : Namhaft größer als W_3 | |
| VIII | Gestein mit reichlichen, netzartig zusammenhängenden Kapillaren im Bindemittel und größeren Hohlräumen s. Fig. 8 | W_1 : Meist reichlich W_2 : Erheblich größer als W_1 W_3 : Sehr bedeutend größer als W_2 W_4 : Bedeutend größer als W_3 | |

Fig. 129

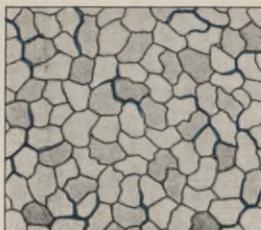


Fig. 1. Typ: I.
Dichtes Mineralgefüge mit spärlichen, unzusammenhängenden Kapillaren.



Fig. 2. Typ: II.
Dichtes Mineralgefüge, mit reichlichen, netzartig zusammenhängenden Kapillaren.*

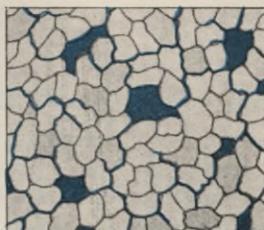


Fig. 3. Typ: III.
Dichtes Mineralgefüge mit netzartig zusammenhängenden Kapillaren und vereinzelt größeren Hohlräumen.



Fig. 4. Typ: IV.
Dichtes Mineralgefüge mit zusammenhängenden größeren Porenzügen.



Fig. 5. Typ: V.
Sehr reichlich kleinere Poren zwischen den körnigen Bestandteilen (Texturporen).



Fig. 6. Typ: VI.
Sehr reichliche Texturporen und vereinzelt größere Hohlräume (Strukturporen).



Fig. 7. Typ: VII.
Netzartig zusammenhängende Kapillaren im Bindemittel, ohne größere Hohlräume.

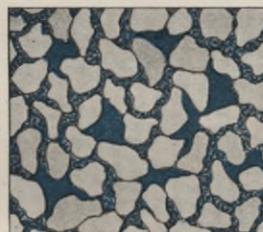


Fig. 8. Typ: VIII.
Netzartig zusammenhängende Kapillaren im Bindemittel und vereinzelt größere Hohlräume.



Fig. 9. Typ: A.
Durchlässige „Zwischenmasse“ diskontinuierlich eingelagert in einer undurchlässigen Hauptmasse.



Fig. 10. Typ: B.
Durchlässige „Zwischenmasse“ diskontinuierlich eingelagert in einer durchlässigen Hauptmasse.

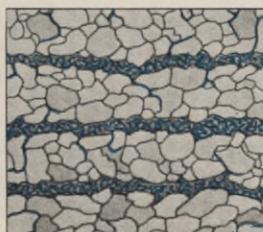


Fig. 11. Typ: C.
Durchlässige „Zwischenmasse“ kontinuierlich eingelagert in einer undurchlässigen Hauptmasse.

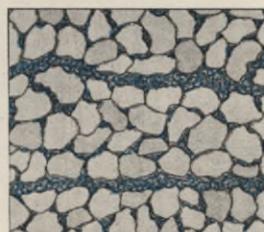


Fig. 12. Typ: D.
Durchlässige „Zwischenmasse“ kontinuierlich eingelagert in einer porösen Hauptmasse.

C. Ungleichheit der Wasseraufsaugung in Richtung parallel und rechtwinklig zur Schichtung der Gesteine.

324. Besondere Erscheinungen der Wasseraufsaugung zeigen die geschichteten Gesteine. Teils ist bei diesen der Zusammenhang der Gesteinsgemengteile rechtwinklig zur Schichtungsfläche weniger vollkommen als nach den anderen Richtungen, teils sind die abwechselnden Schichten oder schichtigen Einlagerungen an und für sich von verschiedener Porosität.

Als Folge dieser Strukturverhältnisse tritt in der Regel eine stärkere Wasseraufsaugung nach der Schichtenfläche auf, als in der dazu rechtwinkligen Richtung. Aber man darf sich bei der Beurteilung der einschlägigen Verhältnisse nicht lediglich auf die äußere Erscheinungsweise der Gesteine verlassen. Denn man findet gar nicht selten, daß sehr deutlich geschichtete Gesteine keine größere Aufsaugungsdifferenz nach den fraglichen Richtungen zeigen, als sie bei äußerlich unvollkommener Schichtung zu beobachten ist. Maßgebend für die Ungleichheit der Wasseraufsaugung nach verschiedenen Richtungen sind also nur die durch die Struktur bedingten Porositätsverhältnisse der geschichteten Gesteine.

Einige Beispiele mögen die hierbei obwaltenden Beziehungen erläutern (hierzu Taf. VII, Fig. 9 bis 12).^{*}

| Porositätstypus | Struktur und Porositätscharakter des geschichteten Gesteins | Unterschied der Wasseraufnahme parallel und rechtwinklig zur Schichtungsfläche |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | Durchlässige „Zwischenmasse“ ¹⁾ diskontinuierlich in einer undurchlässigen Hauptmasse eingelagert s. Fig. 9 Taf. VII | Meist ziemlich gering (abhängig von der Porosität und räumlichen Ausdehnung der Zwischenmasse) |
| B | Durchlässige „Zwischenmasse“ diskontinuierlich in einer durchlässigen Hauptmasse eingelagert s. Fig. 10 | Sehr gering oder = 0 |

¹⁾ Unter „Zwischenmasse“ ist hier die untergeordnete, parallele Einlagerung erdiger, dichter oder lamellarer Substanzen in der vorherrschend körnigen Gesteinsmasse zu verstehen. Körnige Gesteine, welche an Stelle der Zwischenmasse lediglich Kornlagen von mehr dichtem bzw. lockerem Gefüge enthalten, werden analoge Wasseraufsaugungsverhältnisse zeigen, wie die in Abs. 323 beschriebenen Typen.

| Porositätstypus | Struktur und Porositätscharakter des geschichteten Gesteins | Unterschied der Wasseraufnahme parallel und rechtwinklig zur Schichtungsfläche |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| C | Durchlässige „Zwischenmasse“ kontinuierlich in einer undurchlässigen Hauptmasse eingelagert s. Fig. 11 | Sehr beträchtlich |
| D | Durchlässige „Zwischenmasse“ kontinuierlich in einer porösen Haupt- masse eingelagert s. Fig. 12 | Meist gering |
| E | Undurchlässige „Zwischenmasse“ diskontinuierlich in einer durchlässigen Hauptmasse eingelagert | Meist ziemlich gering |
| F | Undurchlässige „Zwischenmasse“ kontinuierlich in einer durchlässigen Hauptmasse eingelagert | Sehr beträchtlich |

D. Beispiele für die Bestimmung der Porositätstypen der Gesteine nach Maßgabe ihrer Wasseraufsaugung unter verschiedenen äußeren Bedingungen.

325. Mit Hilfe des in Abs. 322 gegebenen Schemas wird sich der Porositätstypus der meisten bautechnisch wichtigen Gesteine, aus der Verschiedenheit ihrer Wasseraufsaugung unter veränderten Bedingungen, feststellen lassen. Die nachfolgende Tabelle enthält eine größere Anzahl solcher Bestimmungen. Aus denselben ergibt sich, daß die äußerlich erkennbaren Strukturverhältnisse, wie dichtes oder lockeres Gefüge, feinporige oder kavernöse Ausbildung, zwar einen Schluß auf den allgemeinen Porositätscharakter zulassen, daß aber die feineren Unterschiede desselben erst durch die in Rede stehende Methode erkannt werden können.

| Fundort des Gesteins | Struktur und sonstige Eigenschaften des Gesteins | Bestimmung des Porositäts- typus nach Tabelle S. 211—213 | Wasseraufnahme in Gew.-% | | | | Sättigungskoeffizient $s = \frac{W_c}{W_s}$ |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| | | | W ₁ Bei schnellem Eintauchen des Gesteins in Wasser | W ₂ Bei langsamem Eintauchen des Gesteins in Wasser | W _v Bei Wasserkittung des Gesteins im Vakuum | W _c Bei Wasserkittung unter 75 Atm. Druck | |
| | Granit. | | | | | | |
| Weinberg i. Schl. | Kleinkörnig; sehr fest | II a | 0,36 | 0,39 | 0,71 | 0,72 | 0,544 |
| Jannowitz i. Schl. Desgl. | Mittelkörnig; sehr fest; schwach kavernös | III b | 0,39 | 0,49 | 0,50 | 0,71 | 0,690 |
| Strehlen i. Schl. | Mittel- bis grobkörnig; kavernös | III a | 0,40 | 0,57 | 0,66 | 0,84 | 0,679 |
| Desgl. | Kleinkörnig; etwas mürbe | II a | 0,56 | 0,69 | 1,34 | 1,36 | 0,507 |
| Desgl. | Mittelkörnig; etwas mürbe | II a | 0,60 | 0,83 | 1,13 | 1,14 | 0,730 |
| Desgl. | Mittelkörnig; ziemlich mürbe | I | 0,74 | 0,74 | 0,98 | 1,31 | 0,565 |
| Nimptsch i. Schl. | Kleinkörnig; ziemlich mürbe | I | 0,99 | 1,13 | 1,85 | 1,86 | 0,608 |
| Strehlen i. Schl. Desgl. | Kleinkörnig; mürbe Kleinkörnig; sehr mürbe | II II | 1,70 2,65 | 1,80 2,91 | 2,32 3,88 | 2,38 3,88 | 0,756 0,750 |
| | Marmor und Kalkstein. | | | | | | |
| Kunzendorf i. Schl. | Ziemlich grobkörniger Marmor (Probe von einem alten Bauwerk) | II | 0,43 | 0,44 | 0,72 | 0,75 | 0,589 |
| Beckum | Sehr fester, mikrokristalliner Kalkstein | III b | 0,26 | 0,40 | 0,50 | 0,74 | 0,541 |
| Krappitz a. O. Schönecken | Plattiger bis schiefrieger, ziemlich fester Kalkstein Kleinkörnig-kristallinischer Kalkstein mit undeut- licher Schichtung | III b I | 0,34 0,55 | 0,57 0,71 | 0,64 0,94 | 0,85 1,00 | 0,671 0,710 |
| Limburg Anröchte | Feinkörnig-kristallinischer, sehr fester Kalkstein Dichter Kalkstein mit Hohlräumen | I III b | 0,66 1,22 | 0,75 1,41 | 0,89 1,93 | 0,93 2,52 | 0,806 0,638 |

| Fundort des Gesteins | Struktur und sonstige Eigenschaften des Gesteins | Bestimmung des Porositäts- typus nach Tabelle S. 211—213 | Wasseraufnahme in Gew.-% | | | | Sättigungskoeffizient $s = \frac{W_e}{W_s}$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| | | | Bei schnellem Eintauchen in Wasser W_1 | Bei langsamem Eintauchen in Wasser W_2 | Bei Wasserfüllung des Gesteins im Vakuum W^v | Bei Wasserfüllung unter 75 Atm. Druck W_e | |
| Ellrich, Umgegend Wenden, Kr. Nordhausen Jühnde Sonnenschein b. Holungen Rüdersdorf Desgl. Sulfeld Hottensen Asse b. Schöppen- stedt | Kavernöser, harter Kalkstein | III a | 2,20 | 2,41 | 3,71 | 4,58 | 0,526 |
| | Schaumiger, fester Kalkstein | III b | 2,94 | 3,17 | 3,70 | 6,47 | 0,490 |
| | Sehr fester Kalkstein; Schichtung durch Muschel- einlagerung angedeutet | II | 3,07 | 3,13 | 7,27 | 8,64 | 0,362 |
| | Schaumiger, muschelhaltiger Kalkstein | III b | 3,60 | 4,05 | 5,19 | 10,16 | 0,399 |
| | Schaumkalk | III a | 3,92 | 4,43 | 5,89 | 8,96 | 0,494 |
| | Undeutlich geschichteter Schaumkalk | III a | 4,79 | 5,39 | 8,90 | 10,70 | 0,504 |
| | Serpulitenkalk | VIII | 5,76 | 6,00 | 7,18 | 8,22 | 0,730 |
| | Schaumiger bis kavernöser, ziemlich weicher Kalk- stein; un deutlich geschichtet | VI | 7,51 | 7,88 | 19,08 | 21,19 | 0,372 |
| | Muschelreicher, zelliger, ziemlich weicher Kalkstein | VIII | 7,81 | 8,11 | 11,85 | 13,16 | 0,616 |
| | | Sandstein. | | | | | |
| Dortmund | Sehr fester Kieselsandstein mit Feldspat und Kohlen- partikeln | III b | 1,47 | 1,63 | 1,74 | 2,21 | 0,738 |
| | Sehr fester Kieselsandstein | III b | 1,69 | 1,92 | 2,25 | 3,68 | 0,522 |

| | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hahlgraben auf dem Lehnert Langendorf Am Solling Prochlitz a. d. S. | Ziemlich fester Sandstein mit lockeren Stellen und Höhlungen | V | 2,20 | 2,38 | 4,20 | 4,75 | 0,501 |
| | Deutlich geschichtet, mit kaolinisiertem Feldspat | V | 3,32 | 3,58 | 6,10 | 6,35 | 0,564 |
| | Fester, vollkommen schichtiger Sandstein | VII | 3,88 | 4,25 | 5,28 | 6,51 | 0,653 |
| | Weiß gebänderter, roter Sandstein mit Feldspat und Eisenkies | V | 4,38 | 4,44 | 7,27 | 7,83 | 0,567 |
| | Ziemlich fester, grobporiger Sandstein | VIII | 4,89 | 5,66 | 7,89 | 9,23 | 0,613 |
| | Geschichtet, mit pulverförmigem Eisenoxyd | V—VI | 4,32 | 4,75 | 7,36 | 7,74 | 0,614 |
| | Fest, mit reichlichem, etwas zersetztem Feldspat | VI | 5,34 | 5,51 | 7,53 | 8,21 | 0,671 |
| | Geschichteter, ziemlich fester Sandstein | V | 5,49 | 5,50 | 9,62 | 9,69 | 0,568 |
| | Glattflächig spaltender, fester Sandstein | V | 5,72 | 5,73 | 9,18 | 9,45 | 0,606 |
| | Grobporig, ziemlich fest | V | 5,79 | 5,80 | 9,92 | 10,06 | 0,577 |
| Mürtenbach Aschaffenburg Polle a. d. Wes. Kirchhain Ballhorn Am hohen Berge bei Geismar Meerholz Röhrthal Trier Heiligenstadt Postelwitz Nebra Wasserliesch Baumberge bei Nottuln Nebra Steinstedt bei Börssum | Fest, mit kaolinisiertem Feldspat | VI | 6,44 | 6,68 | 8,68 | 9,41 | 0,710 |
| | Mürbe, mit reichlichem, zersetztem Feldspat | V | 6,45 | 6,80 | 9,39 | 9,68 | 0,702 |
| | Wenig fester, schiefrieger Sandstein | V | 6,54 | 6,98 | 10,24 | 10,35 | 0,674 |
| | Wenig fest, mit zersetztem Feldspat | V | 6,57 | 6,95 | 10,43 | 10,61 | 0,655 |
| | Wenig fest, mit schwachen Rostflecken. (Altes Baumaterial) | V | 8,02 | 8,04 | 11,56 | 11,86 | 0,678 |
| | Ziemlich fest, mit Eisenkies | V | 8,05 | 8,48 | 12,83 | 12,90 | 0,657 |
| | Sehr fest, mit Schichtstreifen | V—VI | 8,28 | 8,67 | 11,88 | 12,33 | 0,703 |
| | Sehr kalkreicher Sandstein | V—VI | 8,37 | 8,67 | 9,61 | 10,87 | 0,798 |
| | Wenig fester Sandstein | V | 9,40 | 9,41 | 13,66 | 13,73 | 0,685 |
| | Sandstein mit kohligen Einlagerungen | V | 11,35 | 11,39 | 14,65 | 14,75 | 0,772 |
| Mosel | Dachschiefer. | | | | | | |
| | Sehr dünnschiefrieger, auf den Schieferungsflächen kleine Knötchen von Eisenkies; blauschwarz; wenig Glimmer | II | 0,42 | 0,53 | 0,70 | 0,70 | 0,757 |

| Fundort des Gesteins | Struktur und sonstige Eigenschaften des Gesteins | Bestimmung des Porositäts- typus nach Tabelle S. 211—213 | Wasseraufnahme in Gew.-% | | | | Sättigungskoeffizient $s = \frac{W_c}{W_s}$ |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| | | | Bei schnellem Eintauchen des Gesteins in Wasser W_1 | Bei langsamem Eintauchen des Gesteins in Wasser W_2 | Bei Wasserfüllung des Gesteins im Vakuum W^v | Bei Wasserfüllung unter 75 Atm. Druck W_e | |
| Bestwig b. Nuttlar | Ziemlich dickschiefrig; Schieferungsfläche geriefelt; grauschwarz; ziemlich glimmerarm | II | 0,44 | 0,54 | 0,61 | 0,61 | 0,885 |
| Harz | Ziemlich dickschiefrig; Schieferungsfläche fast eben; grauschwarz; wenig Glimmer | II | 0,51 | 0,51 | 0,64 | 0,75 | 0,680 |
| Nordenau | Ziemlich dünnschiefrig, mitschwach welliger Schieferungsfläche; grauschwarz; wenig Glimmer | II | 0,52 | 0,58 | 0,86 | 0,86 | 0,674 |
| Goslar | Sehr dünnschiefrig, mit geriefelter Schieferungsfläche; grauschwarz; wenig Glimmer | II | 0,56 | 0,58 | 0,78 | 0,80 | 0,725 |
| Clotten a. d. Mosel | Ziemlich dünnschiefrig, mit welliger Schieferungsfläche; grauschwarz; wenig Glimmer | II | 0,61 | 0,64 | 0,93 | 1,09 | 0,587 |
| Fredeburg | Ziemlich dünnschiefrig, mit geriefelter Schieferungsfläche; grauschwarz; wenig Glimmer | II | 0,63 | 0,75 | 1,04 | 1,04 | 0,721 |
| Clotten a. d. Mosel | Sehr dünnschiefrig, mit ebener Schieferungsfläche; grauschwarz; ziemlich glimmerarm | I | 0,67 | 0,67 | 0,72 | 0,72 | 0,931 |
| Umgegend von Bonn | Ziemlich dünnschiefrig, mitschwach welliger Schieferungsfläche; grauschwarz; wenig Glimmer | I | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,95 | 0,863 |
| Simmerath | Ziemlich dünnschiefrig, mit rauher Schieferungsfläche; hellgrau mit dunklen Knoten; ziemlich glimmerreich | I | 0,92 | 0,98 | 1,18 | 1,41 | 0,695 |
| Ruppachtal | Ziemlich dünnschiefrig; Schieferungsfläche geriefelt; graugrün; ziemlich glimmerreich | II | 1,04 | 1,10 | 1,80 | 2,16 | 0,509 |

326. Von den in der Tabelle S. 211—213 aufgestellten Porositätstypen der Gesteine werden namentlich diejenigen eine **ungleichmäßige Sättigung** ihrer einzelnen Poren durch Wasseraufsaugung unter natürlichen Verhältnissen erfahren, welche bei starkem Druck eine größere Wassermenge absorbieren als im Vakuum. Es sind dies die Porositätstypen III a, III b, VI und VIII, welche dadurch ausgezeichnet sind, daß sie neben den Kapillaren auch größere Hohlräume oder stark poröse Partien enthalten.

Die diesen Typen entsprechenden Gesteine werden daher schon bei einem Sättigungskoeffizienten $S = 0,7$ bis $0,8$ eine größere Zahl nahezu vollkommen wassergefüllter Hohlräume aufweisen und somit in mehr oder minder beträchtlichem Maße (je nach der Größe des Porositäts- und Sättigungskoeffizienten) der Frostwirkung unterliegen.

E. Die Ausführung der theoretischen Frostprüfung.

327. Nach den vorstehenden Untersuchungen ist die Widerstandsfähigkeit der Gesteine gegen Frostwirkung abhängig:

1. von dem Maße der Porenfüllung des Gesteins bei seiner Wasser-sättigung unter gewöhnlichem Druck, bestimmt durch den Sättigungskoeffizienten;
2. von dem Grade der Erweichungsfähigkeit des Gesteins in Wasser;
3. von der durch Anordnung der Gesteinsporen bedingten regellosen oder schichtenförmigen Verteilung des aufgenommenen Wassers im Gestein.

In den allermeisten Fällen genügt die Bestimmung des Sättigungskoeffizienten vollkommen zur Feststellung des Frostbeständigkeitsgrades, und nur bei sehr vollkommen geschichteten Gesteinen und solchen, welche in Wasser stark erweichbar sind, bedarf die erstgedachte Bestimmung einer Korrektur.

Die Frostprüfung erheischt demnach, in ihrer kompliziertesten Form, folgende spezielle Untersuchungen:

Zu 1. Bestimmung der Wassermenge, welche von dem Gestein unter gewöhnlichem Druck aufgenommen wird; Ausführung s. Abs. 205 S. 112. Feststellung der Porosität des Gesteins durch maximale Wasser-sättigung im Vakuum und bei Anwendung eines Druckes von 50 bis 150 Atmosphären; Ausführung s. Abs. 207 S. 114. Berechnung des Sättigungskoeffizienten S .

Zu 2. Prüfung der Druckfestigkeit des Gesteins in trockenem Zustande und nach längerer Wasserlagerung; Ausführung s. Abs. 205 S. 112. Berechnung des Erweichungskoeffizienten η .

Für sehr dichte, homogene Gesteine, welche in kürzeren Zeiträumen nur in der Oberflächenschicht eine merkliche Erweichung erleiden, sowie für vollkommen schieferige, dichte bis mikrokristalline Gesteine (z. B. Dachschiefer), wird an Stelle jener Prüfung die Härteprüfung des Gesteins in trockenem und wassergesättigtem Zustande anzuwenden sein; Ausführung s. Abs. 149 S. 85.

Zu 3. Bestimmung der Wasseraufsaugungsfähigkeit des Gesteins in Richtung parallel und senkrecht zur Schichtung bzw. Lagerfläche; Ausführung s. Abs. 209. Berechnung des Verteilungskoeffizienten V .

328. Um aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen ein Urteil über den Frostwiderstandsgrad der Gesteine ableiten zu können, bedarf es einer allgemeinen Feststellung der Werte, mit denen die einzelnen in Betracht kommenden Faktoren für die Beurteilung der Gesteinsqualität in Rechnung zu stellen sein werden.

Man kann hierbei so verfahren, daß zunächst aus einer Reihe von Gesteinen, deren Frostwiderstandsgrad nach ihrem Verhalten in älteren Bauwerken bekannt ist, eine Anzahl ausgewählt wird, deren Qualität in der gedachten Hinsicht lediglich durch ihren verschiedenen Sättigungskoeffizienten bedingt erscheint, die also weder eine merkliche Erweichung in Wasser erleiden, noch eine schichtenartige Porenverteilung aufweisen. Ist hiernach die Relation zwischen dem Sättigungskoeffizienten und den verschiedenen Frostbeständigkeitsgraden festgestellt, so unterzieht man des weiteren solche Gesteine der Untersuchung, deren Verhalten gegen Frostwirkung sowohl auf ihren Sättigungskoeffizienten als auch auf ihre Erweichungsfähigkeit im Wasser zurückzuführen ist, und bestimmt nach Maßgabe des Frostbeständigkeitsgrades dieser Gesteine den Einfluß des Erweichungskoeffizienten. Stehen Gesteine zur Verfügung, welche bei bekannter Wirkungsweise der beiden vorgedachten Eigenschaften verschiedene Verteilungskoeffizienten aufweisen, so wird man auch deren Einfluß nach Maßgabe der beobachteten Frostwiderstandsgrade festzustellen vermögen.

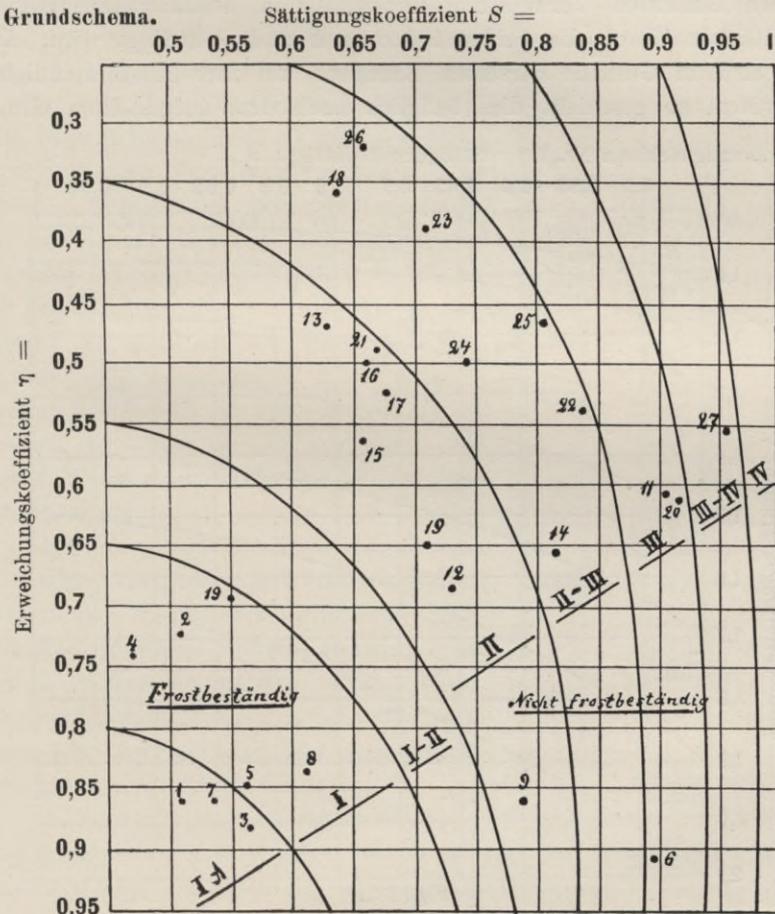
Solche Untersuchungen lassen aber erkennen, daß der Anteil, der den einzelnen Faktoren an der Frostwirkung zukommt, keineswegs in allen Fällen ihrem absoluten Maße entspricht, vielmehr in sehr erheblicher Weise von ihrer wechselseitigen Beeinflussung abhängt. So steigert z. B. die gleiche Erweichungsfähigkeit in Wasser bei Gesteinen mit niedrigem Sättigungskoeffizienten die Frostwirkung in ungleich höherem Grade als bei solchen mit stärkerer Porensättigung. Ein beträchtlicher Verteilungskoeffizient vermag in Verbindung mit hohem Sättigungskoeffizienten eine bedeutende Vermehrung der Frostwirkung zu ver-

ursachen, während derselbe für Gesteine mit unvollkommener Porensättigung von erheblich geringerer Wirkung ist.

Auf Grund derartiger Erfahrungen mußte von der Aufstellung einer empirischen Formel für die Relation zwischen den fraglichen Eigenschaften der Gesteine und ihrer Frostwiderstandsfähigkeit Abstand genommen werden, und es blieb deshalb nur übrig, aus einer möglichst großen Zahl konkreter Fälle eine allgemeine Norm für die Beurteilung der Gesteinsqualität abzuleiten.

Hierfür erschien die Anwendung einer graphischen Methode zweckdienlich, wie sie auch für die Bestimmung der wechselseitigen Wirkungen aller sonstigen Verwitterungsagentien benutzt worden ist.

329. Das dabei angewandte Prinzip mag beispielsweise für die Frostwiderstandsbestimmung der Sandsteine erläutert werden,



unter Zugrundelegung der in der Tabelle S. 225—226 aufgeführten Beobachtungsergebnisse.

330. Für die graphische Zusammenstellung dieser Resultate werden Grund- und Ergänzungsschemata verwendet.

Das Grundschema (Fig. 130) dient zur Aufnahme der beiden für den Frostbeständigkeitsgrad wichtigsten Faktoren, des Sättigungskoeffizienten S und des Erweichungskoeffizienten η , deren Werte auf Abszisse und Ordinate verzeichnet werden. Nach Maßgabe dieser beiden Werte sind alsdann die in Betracht kommenden Gesteine in das Schema einzutragen und die Gruppen gleicher Beständigkeit (s. Rubrik 5 der Tab. S. 225—226) durch Kurven voneinander zu trennen, welche somit Zonen gleicher Frostwiderstandsfähigkeit einschließen. Für den Entwurf dieses Grundschemas können naturgemäß nur die Beobachtungen an solchen Gesteinen Verwendung finden, deren Beständigkeitsgrad im wesentlichen durch die beiden Faktoren S und η bedingt wird. Hat man alsdann Gesteine derselben Kategorie auf ihre Frostbeständigkeit zu prüfen, so geschieht dies lediglich nach dem aufgestellten Grund-

Ergänzungsschema Nr. I. Sättigungskoeffizient $S =$

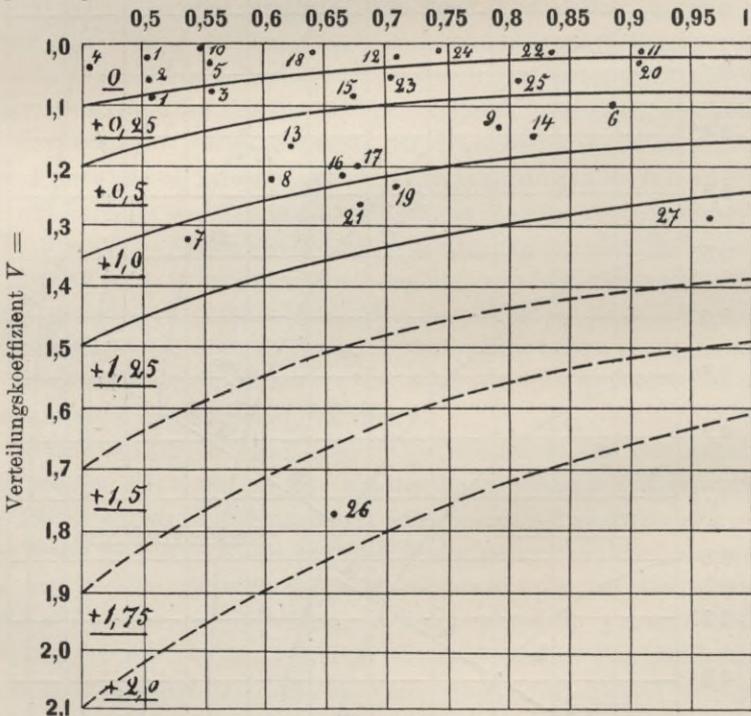


Fig. 131.

schema, während es für Gesteine mit anderweitigen Beständigkeitsfaktoren noch der Korrektur durch die Ergänzungsschemata bedarf. Diese letzteren werden nach demselben Prinzip wie das Grundschema, und zwar in der Form konstruiert, wie dies aus Fig. 131 und 132 ersichtlich ist.

Die Einzeichnung der Abgrenzungskurven für die Zonen gleicher Qualitätsverminderung in Fig. 131 mag durch folgendes Beispiel erläutert werden. Die Gesteine Nr. 16 und 21 haben nahezu dieselben Werte für S und η , und das Grundschema ergibt daher für beide dieselbe Qualitätsklasse, nämlich II. Da aber diese Gesteine eine deutliche Parallelstruktur zeigen, so wird der gefundene Qualitätswert zu vermindern sein, und zwar für Nr. 16, mit dem Verteilungskoeffizienten 1,32, in geringerem Maße als für das Gestein Nr. 21, dessen Verteilungskoeffizient 1,28 beträgt. Zuzufolge der beobachteten Frostwirkung an identischem Material älterer Bauwerke ist die Qualitätsklasse für Nr. 16 mit II—III, für Nr. 21 mit III zu beziffern. Es muß deshalb die Grenzkurve in dem Ergänzungsschema I so gezogen werden, daß Nr. 16 der Zone $+0,5$, Nr. 21 dagegen der Zone $+1,0$ angehört. Auf gleiche Weise sind die übrigen Daten festgestellt worden.

Endlich enthält das Ergänzungsschema Nr. II (Fig. 132) diejenigen Werte, um welche die nach dem Vorstehenden ermittelte Qualitätsklasse für solche Gesteine zu vermindern oder zu erhöhen ist, welche bei einem Sättigungskoeffizienten von 0,7 bis 0,85 bzw. durch sehr geringe oder sehr beträchtliche Festigkeit ausgezeichnet sind.

Anmerkung: Nach dieser Methode berechnete Schemata für die Ausführung der theoretischen Frostprüfung sind der Anleitung zur systematischen Untersuchung der einzelnen Gesteinsarten beigegeben.

Ergänzungsschema Nr. II.
Sättigungskoeffizient $S =$
0,7 0,75 0,8 0,85 0,9

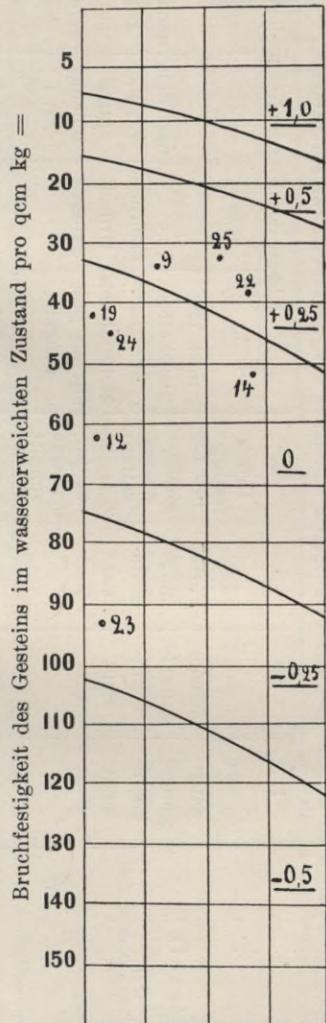


Fig. 132.

Tabelle zu den in Abs. 329 erläuterten Schemata der Frostbeständigkeitsklassen.

| Nr. | Sandstein ¹⁾ von | Klasse der Frostwiderstandsfähigkeit ²⁾ | | | | | | | | |
|-----|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
| | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. |
| | | Sättigungs-koeffizient S = | Erweichungs-koeffizient η = | Verteilungs-koeffizient V = | Druckfestigkeit des Gesteins in wasser-sattem Zustande; kg pro qcm Querschnitt | nach der Beschaffenheit des Materials an älteren Bauwerken | nach dem Grundschema | nach dem Ergänzungs-schemata Nr. 1 | nach dem Ergänzungs-schemata Nr. 2 | Gesamtergebnis der schematischen Bezifferung |
| 1. | Alt-Warthau | 0,508 | 0,86 | 1,08 | 43,22 | I | 1 A | + 0,25 | 0 | I |
| 2. | Friedersdorf | 0,508 | 0,72 | 1,06 | 33,72 | I | 1 | 0 | 0 | I |
| 3. | Wünschelburg | 0,563 | 0,88 | 1,07 | 48,27 | I | 1 A | + 0,25 | 0 | I |
| 4. | Desgl. | 0,467 | 0,74 | 1,04 | 33,31 | I | 1 | 0 | 0 | I |
| 5. | Albendorf | 0,557 | 0,85 | 1,02 | 35,85 | I | 1 | 0 | 0 | I |
| 6. | Umgebung von Soest (glaukonitisch) | 0,894 | 0,92 | 1,10 | 57,66 | nahezu III | 2-3 | + 0,25 | 0 | (II-III)-III |
| 7. | Horn in Lippe-Deimold | 0,528 | 0,86 | 1,32 | 28,52 | nahezu II | 1 A | + 1,0 | 0 | (I-II)-II |
| 8. | Goldberg in Schlesien | 0,615 | 0,84 | 1,24 | 28,21 | I-II | 1 | + 0,5 | 0 | I-II |
| 9. | Baumberge bei Nottuln (Kalksandstein) | 0,784 | 0,86 | 1,15 | 34,30 | nahezu III | 2 | + 0,5 | + 0,25 | (II-III)-III |
| 10. | Bentheim | 0,550 | 0,69 | 1,0 | 18,60 | I | 1 | 0 | 0 | I |
| 11. | Ottweiler | 0,907 | 0,61 | 1,02 | 35,66 | z. T. III-IV | 3-4 | 0 | 0 | III-IV |
| 12. | Bürgstadt bei Aschaffenburg | 0,729 | 0,69 | 1,03 | 61,26 | II | 2 | 0 | 0 | II |

¹⁾ Ein Teil der genannten Steinbrüche hat sehr verschiedenes Material, so daß die Bestimmung der Frostwiderstandsfähigkeit keine allgemeine Bedeutung für die betreffenden Vorkommnisse hat, sondern sich nur auf diejenige Schicht bezieht, aus welcher die Probe für die vorliegende Untersuchung entnommen war.

²⁾ Die Ziffern entsprechen denen der Beständigkeitsklassen in der ersten Horizontalrubrik [1, 1-1,6] der Tabelle zur Klassifikation der natürlichen Bausteine s. V. Teil.

| Nr. | Sandstein von | Klasse der Frostwiderstandsfähigkeit | | | | | | | | |
|-----|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
| | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. |
| | | Sättigungs-koeffizient S = | Erweichungs-koeffizient η = | Verteilungs-koeffizient V = | Bruchfestigkeit des Gesteins in wasser-sattem Zustande; kg pro qcm Querschnitt | nach der Beschaffenheit des Materials an älteren Bauwerken | nach dem Grundschema | nach dem Ergänzungs-schemata Nr. 1 | nach dem Ergänzungs-schemata Nr. 2 | Gesamtergebnis der schematischen Bezifferung |
| 13. | Am Huckbg. b. Riesenbeck | 0,625 | 0,47 | 1,12 | 9,15 | II-III | 2 | + 0,5 | 0 | II-III |
| 14. | Am Solling (Sandsteinschiefer) | 0,830 | 0,66 | 1,17 | 53,31 | III | 2-3 | + 0,5 | 0 | III |
| 15. | Cotta | 0,655 | 0,56 | 1,09 | 18,04 | nahezu I-III | 2 | + 0,25 | 0 | II-(II-III) |
| 16. | Alvensleben | 0,672 | 0,50 | 1,32 | 34,36 | II-III | 2 | + 0,5 | 0 | II-III |
| 17. | Nebra | 0,678 | 0,52 | 1,20 | 38,64 | z. T. II-III | 2 | + 0,5 | 0 | II-III |
| 18. | Balhorn bei Cassel | 0,642 | 0,36 | 1,01 | 15,87 | II-III | 2-3 | 0 | 0 | II-III |
| 19. | Miltenberg a. M. (schlechte Lage) | 0,716 | 0,65 | 1,22 | 42,11 | III | 2 | + 1,0 | 0 | III |
| 20. | Wetter a. d. Ruhr | 0,907 | 0,61 | 1,02 | 108,91 | nahezu IV | 3-4 | + 0,25 | 0 | (III-IV)-IV |
| 21. | Miltenberg a. M. (dünn-schichtiger Platten-sandstein) | 0,681 | 0,50 | 1,28 | 42,14 | III | 2 | + 1,0 | 0 | III |
| 22. | Ostseite des Dörenberges bei Iburg | 0,833 | 0,54 | 1,02 | 30,89 | nahezu III | 2-3 | 0 | + 0,25 | (II-III)-III |
| 23. | Olvenstedt | 0,708 | 0,39 | 1,06 | 99,18 | II-III | 2-3 | + 0,25 | - 0,25 | II-III |
| 24. | Umgebung von Neurode | 0,746 | 0,50 | 1,01 | 44,73 | II-III | 2-3 | 0 | 0 | II-III |
| 25. | Kirn | 0,814 | 0,37 | 1,05 | 31,49 | III | 2-3 | + 0,25 | + 0,25 | III |
| 26. | Naher dem Grasberg bei Schmalkalden | 0,659 | 0,32 | 1,77 | 25,80 | IV | 2-3 | + 1,75 | 0 | IV-(IV-V) |
| 27. | Anröchte (glaukonitisch) | 0,953 | 0,56 | 1,29 | 132,09 | V-VI | 4-5 | + 1,25 | 0 | (V-VI)-VI |

F. Die Ausführung der experimentellen Frostprüfung.

331. Die experimentelle Frostprüfung beruht auf Bestimmung der Festigkeitsverminderung, welche das wassergetränkte Gestein nach wiederholter Frostwirkung erleidet. Zu berücksichtigen sind auch die sonstigen durch den Frost hervorgerufenen Veränderungen, wie das oberflächliche Absanden, die Bildung von Rissen usw.

Die Untersuchung wird in zweifacher Weise durchgeführt; einmal an vollkommen wassersatten Probekörpern, wie sie durch 30tägige Wasserlagerung erhalten werden, und ferner an Probekörpern, welche je nach der Dichtigkeit des Materials nur einer 2—13stündigen Wassereinwirkung ausgesetzt waren. Die Resultate der erstgedachten Prüfung sollen einen Anhalt für die Beurteilung der Frostbeständigkeit des Materials bei seiner Verwendung zu Wasserbauten gewähren, die der zweiten Prüfung für das Verhalten des gleichen Materials in Hochbauten. (Näheres zur Begründung dieses Verfahrens s. Abs. 333 u. f.)

Das Gefrieren der Gesteinskörper wird 25mal wiederholt, und zwar werden die Probestücke je 4 Stunden der Frostwirkung bei etwa -15°C ausgesetzt. Das Auftauen nach jedesmaliger Frostwirkung geschieht bei den vollkommen wassersatten Proben in Wasser von 20°C und erfordert 2 Stunden. Bei den mäßig durchtränkten Proben der zweiten Versuchsreihe muß jedoch eine erneute Wasseraufnahme vermieden werden. Man legt sie daher zum Auftauen in einen geschlossenen, mit kleinen Drahtgestellen versehenen Blechkasten, Fig. 133 S. 229. Auf dem Boden desselben befindet sich etwas Wasser, welches man durch eine untergestellte Flamme auf etwa 45° erwärmt. Hierdurch füllt sich der Kasten mit feuchter Luft von etwa 20°C , so daß ein Austrocknen der Proben verhindert wird. Zum vollkommenen Auftauen der gefrorenen Probekörper sind etwa 4 Stunden erforderlich. Die Versuche werden in dem von Bauschinger angegebenen Gefrierkasten oder zweckmäßiger in der neuerdings angewandten Linde'schen Eismaschine ausgeführt.

Während es früher in den Versuchsanstalten allgemein üblich war, die Wirkung des Frostes durch Bestimmung des Festigkeitsverlustes an den wiederum getrockneten Probekörpern nachzuweisen, ist neuerdings das Verfahren eingeführt worden, die Festigkeitsprüfung vor und nach dem Gefrieren an dem nassen Gestein zu bewerkstelligen. Veranlaßt wurde diese Anordnung durch die Tatsache, daß die Gesteine bei der früher befolgten Methode nicht selten eine größere Festigkeit nach dem Gefrieren ergaben als in dem ursprünglichen Zustande.

332. Diesseits ausgeführte Untersuchungen haben zu einer Erklärung dieser Erscheinung geführt, und zwar durch Feststellung der

Tatsache, daß die meisten in Wasser erweichbaren und insbesondere alle tonigen Gesteine lediglich durch längere Wassereinwirkung und nachfolgende Trocknung bei einer Temperatur von 30 bis 40° C eine mehr oder weniger beträchtliche Festigkeitserhöhung erfahren, und daß auch an denjenigen Silikatgesteinen, welche infolge von Verwitterung tonige Bestandteile enthalten, dieselbe Erscheinung nachzuweisen ist¹⁾. Die durch Wasser erweichbaren tonigen Substanzen schwinden

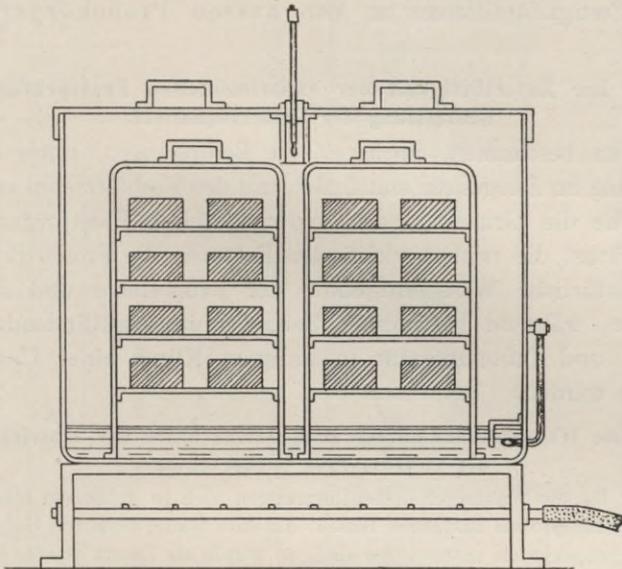


Fig. 133.

beim Trocknen, d. h. sie werden dichter und deshalb fester und bewirken, falls sie als Bindemittel in den Gesteinen auftreten, auch einen innigeren Zusammenhang der körnigen Gemengteile. Desgleichen erlangen die durch Verwitterung entstehenden tonigen Beimengungen der Silikatgesteine auf die gedachte Weise eine größere Dichtigkeit.

Werden nun bei der Frostprüfung die wassergesättigten Gesteine nach jedesmaligem Gefrieren immer wieder in Wasser aufgetaut und schließlich bei 40° C getrocknet, so muß hierbei naturgemäß derselbe Vorgang einer Kontraktion des tonigen Bindemittels stattfinden. Für frostbeständige Gesteine wird daher die Prüfung einen höheren Festigkeitswert ergeben müssen, als er dem Material im natürlichen Zustande zu-

¹⁾ Über die bei den betreffenden Versuchen erhaltenen Daten siehe J. Hirschwald, Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit, Berlin 1908, S. 183—189.

kommt; für frostunbeständige Gesteine dagegen wird die Festigkeitsverminderung, welche durch Frostwirkung eintritt, infolge des gedachten Vorganges beim Trocknen der Proben teilweise wieder aufgehoben werden.

Wollte man also die Frostwirkung an den wieder getrockneten Proben bestimmen, so müßte man das Schwindungsmaß des betreffenden Gesteins berücksichtigen, wodurch die Untersuchung unnötigerweise kompliziert würde.

Es erscheint deshalb gerechtfertigt, die durch Frostwirkung hervorgerufene Festigkeitsdifferenz an den nassen Probekörpern zu bestimmen.

333. Die Zuverlässigkeit der experimentellen Frostprüfung für die Beurteilung der Gesteinsqualität.

Um zu bestimmen, inwieweit die Bedingungen, unter denen die Frostwirkung im Baugestein stattfindet, mit den Verhältnissen vergleichbar sind, welche die Grundlage der experimentellen Frostprüfung bilden, sollen zunächst die beiden wichtigsten Faktoren der Frostwirkung, nämlich die natürliche Wasseraufnahme der Baugesteine und der durchschnittliche, während bestimmter Zeitabschnitte stattfindende Wechsel von Frost- und Tautemperatur in unserem Klima einer Untersuchung unterzogen werden.

A. Die Wasseraufnahme der Baugesteine unter der Einwirkung der meteorischen Niederschläge.

334. Da die Wassergehaltsbestimmungen sich in größerem Umfange nicht wohl an Gesteinsproben ausführen lassen, die dem Mauerwerk von Gebäuden nach längeren Regenperioden entnommen sind, so wurde als Ersatz hierfür eine größere Anzahl verschiedener frischer Bruchgesteine in annähernd würfelförmigen Probestücken von etwa 3,5 cm Kantenlänge zur Untersuchung verwendet. Nachdem die Proben bei etwa 30° C getrocknet und ausgewogen waren, wurden sie der Wirkung der atmosphärischen Niederschläge während der Monate November und Dezember (1900) ausgesetzt, wobei die Proben auf einem mit Drahtgewebe überzogenen Rahmen gelagert waren.

Die Bestimmung der hierbei erfolgten Wasseraufnahme geschah unmittelbar nach jedem Regen und schließlich nach Eintritt des ersten Frostes. Die gefallene Regenmenge wurde jedesmal gemessen. Nach Abschluß dieser Versuche, durch welche festgestellt worden war, welche Wasseraufnahme die Gesteine im Freien bis zum Eintritt der Frostperiode erfahren hatten, wurden die Proben zunächst lufttrocken gemacht, danach bei 30° C vollends getrocknet, zur Kontrolle nochmals ausgewogen und nunmehr nach der in Abs. 205 angegebenen Methode langsam mit Wasser getränkt. In einstündigen Zwischenräumen geschah die Bestimmung der aufgenommenen Wassermenge, und zwar wurde dieses Verfahren so lange wiederholt, bis der gleiche Sättigungsgrad, wie ihn die meteorischen Niederschläge bewirkt hatten, erreicht war.

Die bei diesen Versuchen erhaltenen Resultate waren folgende:

| Gestein | November 1900 | | | | | | | | | | | Dezember 1900 ¹⁾ | | | | | |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-----|-----------------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|-------------------------------------|
| | Regentag am | 1. | 2. | 5. | 10. | 11. | 12. | 15. | 16. | 17. | 19. | 20. 26. | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Aufsaugung a. 4. 1. 1901 nach Frost |
| 1. Sandstein v. Bernburg Probe = 26,59 | Regenmenge in mm | 10,4 | 0,15 | 0,4 | Spur | 13,3 | 3,6 | 0,2 | Spur | 22,6 | 4,0 | 0,1 | 10 | 54,55 | 13 | 25,7 | |
| | Wasseraufsaugung in Grammen | 0,10 | 0,14 | 0,09 | — | 0,69 | 1,06 | — | — | 1,11 | — | — | — | — | — | — | |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,37 | 0,51 | 0,34 | — | 2,59 | 4,10 | — | — | 4,19 | — | — | — | — | — | — | |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | } 4,19%. Experimentelle Wasseraufnahme ²⁾ nach 1 stündiger Dauer: 4,21 % | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Sandstein v. Werratal Probe = 45,77 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,10 | 0,15 | 0,20 | — | 0,74 | 9,7 | — | — | 1,04 | — | — | — | — | — | — | |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,20 | 0,33 | 0,42 | — | 1,61 | 2,1 | — | — | 2,28 | — | — | — | — | — | — | |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | } 2,28%. Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 2,25 % | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | desgl. | | | | | | | | | | | | | | | |

¹⁾ Die Einzelbeobachtungen für den Monat Dezember sind hier nicht aufgeführt worden; sie ergaben eine noch geringere Wasseraufsaugung, als die im Monat November.

²⁾ Der Tropfapparat (siehe Abs. 205) wurde so eingestellt, daß die Gesteinsproben in 1 Stunde vom Wasser vollständig bedeckt waren.

| Gestein | November 1900 | | | | | | | | | | | Dezember 1900 | | | | | | |
|----------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-----|---------------|--------------------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|--------------------------------------|
| | Regentag am | 1. | 2. | 5. | 10. | 11. | 12. | 15. | 16. | 17. | 19. | 20. | 26. | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anf-saugung d. 4. 1. 1901 nach Frost |
| | Regenmenge in mm | 10,4 | 0,15 | 0,4 | Spur | 13,3 | 3,6 | 0,2 | Spur | 22,6 | 4,0 | 0,1 | 10 | 54,55 | 13 | 25,7 | | |
| 3. Sandstein v. Bunzlau Probe = 52,25 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,38 | 0,28 | 0,26 | — | 1,67 | 1,91 | — | — | 1,98 | — | — | — | — | — | — | — | 0,89 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,72 | 0,53 | 0,49 | — | 3,19 | 3,66 | — | — | 3,79 | — | — | — | — | — | — | — | 1,71 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme | | | | | | | | | | | nach 1 stündiger Dauer: 3,60 % | „ 2 „ „ 3,73 % | | | | |
| 4. Sandstein v. Löwenberg Probe = 52,06 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,66 | 0,19 | 0,25 | — | 3,52 | 3,24 | — | — | 3,46 | — | — | — | — | — | — | — | 1,80 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 1,26 | 0,36 | 0,47 | — | 6,75 | 6,22 | — | — | 6,64 | — | — | — | — | — | — | — | 3,46 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme | | | | | | | | | | | nach 1 stündiger Dauer: 6,48 % | „ 2 „ „ 6,50 % | „ 4 „ „ 6,60 % | | | |
| 5. Sandstein v. Grüssau Probe = 46,01 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,19 | 0,21 | 0,29 | — | 0,93 | 1,11 | — | — | 1,17 | — | — | — | — | — | — | — | 0,34 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,42 | 0,46 | 0,62 | — | 2,01 | 2,39 | — | — | 2,55 | — | — | — | — | — | — | — | 0,73 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme | | | | | | | | | | | nach 1 stündiger Dauer: 2,54 % | | | | | |

| Gestein | November 1900 | | | | | | | | | | | Dezember 1900 | | | | | | |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|-----|------|------|-----|---------------|-----|----------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------------------------|
| | Regentag am | 1. | 2. | 5. | 10. | 11. | 12. | 15. | 16. | 17. | 19. | 20. | 26. | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anfangsaugung a. d. 1. 1901 nach Frost |
| 3. Sandstein v. Bünzlau Probe = 52,25 g | Regenmenge in mm | 10,4 | 0,15 | 0,4 | Spur | 13,3 | 3,6 | 0,2 | Spur | 22,6 | 4,0 | 0,1 | 10 | 54,55 | 13 | 25,7 | | |
| | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,38 | 0,28 | 0,26 | — | 1,67 | 1,91 | — | — | 1,98 | — | — | — | — | — | — | — | 0,89 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 3,79 % | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 3,60 % " 2 " " 3,73 % | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Sandstein v. Löwenberg Probe = 52,06 g | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,66 | 0,19 | 0,25 | — | 3,52 | 3,24 | — | — | 3,46 | — | — | — | — | — | — | — | 1,80 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 6,64 % | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 6,48 % " 2 " " 6,50 % " 4 " " 6,60 % | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,19 | 0,21 | 0,29 | — | 0,93 | 1,11 | — | — | 1,17 | — | — | — | — | — | — | — | 0,34 |
| 5. Sandstein v. Grüssau Probe = 46,01 g | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 2,55 % | Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 2,54 % | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,42 | 0,46 | 0,62 | — | 2,01 | 2,39 | — | — | 2,55 | — | — | — | — | — | — | — | 0,73 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|------|------|------|---|------|---|---|---|---|---|---|---|----------------------------------------------------|
| 6. Sandstein unbekannter Herkunft Probe = 49,25 g | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,33 | 0,26 | 0,27 | — | 2,23 | 2,53 | — | — | 2,62 | — | — | — | — | — | — | — | 0,79 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 5,31 % | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 5,12 % " 2 " " 5,18 % " 3 " " 5,30 % | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,03 | 0,03 | 0,05 | — | 0,05 | 0,08 | — | — | 0,09 | — | — | — | — | — | — | — | Probe stark mit Eis bedeckt, deshalb nicht gewogen |
| 7. Sandstein v. Langenbrück Probe = 37,59 g | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,23 % | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 0,14 % " 2 " " 0,30 % | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,07 | 0,07 | 0,13 | — | 0,12 | 0,20 | — | — | 0,23 | — | — | — | — | — | — | — | 0,88 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 8,54 % | Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 8,54 % | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. Kalksandstein von Nottuln Probe = 35,51 g | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,81 | 0,57 | 0,53 | — | 2,60 | 2,99 | — | — | 3,03 | — | — | — | — | — | — | — | 2,50 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 4,38 % | Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 8,54 % | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,52 | 0,25 | 0,26 | — | 1,22 | 1,38 | 1,35 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,46 |
| 9. Sandstein aus dem Kreise Wanzleben Probe = 31,37 g | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 4,38 % | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 3,94 % " 2 " " 4,24 % " 3 " " 4,26 % " 4 " " 4,73 % | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,80 | 0,78 | 0,82 | — | 3,88 | 4,38 | 4,30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,47 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 4,38 % | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 3,94 % " 2 " " 4,24 % " 3 " " 4,26 % " 4 " " 4,73 % | | | | | | | | | | | | | | | |

| Gestein | November 1900 | | | | | | | | | | | | | | Dezember 1900 | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|----------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|-------------------------------------|
| | Regentag am | 1. | 2. | 5. | 10. | 11. | 12. | 15. | 16. | 17. | 19. | 20. | 26. | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Aufsaugung a. d. 1. 1901 nach Frost |
| | Regenmenge in mm | 10,4 | 0,15 | 0,4 | Spur | 13,3 | 3,6 | 0,2 | Spur | 22,6 | 4,0 | 0,1 | 10 | 54,55 | 13 | 25,7 | | | | |
| 10. Grauwacke von Sieberthal bei Herzberg Probe = 39,28 g | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,07 | 0,08 | 0,08 | — | — | 0,09 | 0,16 | — | — | 0,17 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,04 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,19 | 0,21 | 0,21 | — | — | 0,22 | 0,40 | — | — | 0,43 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,11 |
| Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 0,40% " 2 " " " 0,44% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11. Grauwacke von Weldesgöwen, Kr. Siegen Probe = 31,73 g | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,21 | 0,28 | 0,28 | — | — | 0,42 | 0,68 | — | — | 0,70 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,11 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,66 | 0,87 | 0,90 | — | — | 1,30 | 2,13 | — | — | 2,21 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,34 |
| Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 1,85% " 2 " " " 1,99% " 3 " " " 2,17% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12. Grauwacke v. Herdecke Probe = 39,69 g | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,25 | 0,32 | 0,45 | — | — | 0,67 | 0,70 | — | — | 0,80 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,16 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,64 | 0,82 | 1,14 | — | — | 1,69 | 1,75 | — | — | 1,89 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,39 |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 1,91% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------|------|------|---|---|------|------|---|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 13. Grauwacke v. Ronsdorf, Kr. Lennepe Probe = 30,46 g | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,17 | 0,23 | 0,34 | — | — | 0,45 | 0,49 | — | — | 0,52 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,1 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,55 | 0,76 | 1,10 | — | — | 1,46 | 1,60 | — | — | 1,71 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,32 |
| Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 1,26% " 2 " " " 1,61% " 3 " " " 1,73% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14. Grauwacke von Langenbrück in Schlesien Probe = 31,05 g | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,21 | 0,27 | 0,31 | — | — | 0,41 | 0,42 | — | — | 0,44 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,69 | 0,85 | 0,99 | — | — | 1,32 | 1,34 | — | — | 1,42 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 2,14% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15. Kalkstein von Pallien bei Trier Probe = 26,09 g | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,27 | 0,19 | 0,29 | — | — | 1,01 | 1,0 | — | — | 1,03 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 1,02 | 0,72 | 1,09 | — | — | 3,88 | 3,82 | — | — | 3,96 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 3,88% " 2 " " " 3,99% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16. Kalkstein von Rüdersdorf Probe = 36,69 g | Wasseraufnahme in Grammen desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,33 | 0,25 | 0,19 | — | — | 1,61 | 1,72 | — | — | 2,41 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,97 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,89 | 0,68 | 0,53 | — | — | 4,35 | 4,67 | — | — | 6,57 | — | — | — | — | — | — | — | — | 2,65 |
| Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 4,28% " 2 " " " 4,42% " 4 " " " 4,61% Maximale Regenaufnahme nach 4 stündiger Sättigung noch nicht erreicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Gestein | November 1900 | | | | | | | | | | | | | Dezember 1900 | | | | |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|------|------|------|-------|-------|-----|-------|------|-----|-----|-----|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|-------------------------------------|
| | Regentag am | 1. | 2. | 5. | 10. | 11. | 12. | 15. | 16. | 17. | 19. | 20. | 26. | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Aufsaugung a. d. 1. 1901 nach Frost |
| | Regenmenge in mm | 10,4 | 0,15 | 0,4 | Spur | 13,3 | 3,6 | 0,2 | Spur | 22,6 | 4,0 | 0,1 | 10 | 54,55 | 13 | 25,7 | | |
| 17. Kalkstein vom Elmgebirge, Kr. Helmstedt Probe = 44,60 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,47 | 0,30 | 0,26 | — | 2,28 | 2,40 | — | 2,51 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,10 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 1,05 | 0,66 | 0,58 | — | 5,10 | 5,39 | — | 5,63 | — | — | — | — | — | — | — | — | 2,46 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 5,63 % | | | | | | | | | | | | | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 5,24 % " 2 " " : 5,27 % " 4 " " : 5,43 % } wie oben | | | |
| 18. Kalkstein von Roßdorf in Hessen Probe = 57,70 g | Wasseraufnahme in Grammen | 2,09 | 0,69 | 0,35 | — | 7,27 | 7,74 | — | 8,10 | — | — | — | — | — | — | — | — | 4,22 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 3,61 | 1,19 | 0,61 | — | 12,60 | 13,41 | — | 14,04 | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,31 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 14,04 % | | | | | | | | | | | | | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 12,98 % " 2 " " : 13,28 % " 4 " " : 13,51 % } wie oben | | | |
| 19. Kalkstein von Beckum in Westfalen Probe = 33,89 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,22 | 0,25 | 0,22 | — | 0,36 | 0,59 | — | 0,65 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,07 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,62 | 0,69 | 0,62 | — | 1,03 | 1,74 | — | 1,90 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,20 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 1,90 % | | | | | | | | | | | | | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 1,02 % " 2 " " : 1,47 % " 3 " " : 1,82 % " 4 " " : 1,82 % } Maximale Regenaufnahme nach 3 stündiger Wasserküftung noch nicht erreicht | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------|------|------|---|------|------|---|------|---|---|---|---|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|
| 20. Kalkstein von Wenden, Kr. Nordhausen Probe = 40,81 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,15 | 0,14 | 0,24 | — | 0,94 | 0,99 | — | 1,03 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,22 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,37 | 0,34 | 0,58 | — | 2,31 | 2,43 | — | 2,59 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,54 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 2,59 % | | | | | | | | | | | | | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 1,77 % " 2 " " : 2,23 % " 4 " " : 2,53 % } | | | |
| 21. Kalkstein v. Sülfeld, Kr. Gifhorn Probe = 31,35 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,32 | 0,19 | 0,18 | — | 0,79 | 1,88 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,88 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 1,03 | 0,60 | 0,56 | — | 2,52 | 5,99 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2,82 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 5,99 % | | | | | | | | | | | | | Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 5,97 % | | | |
| 22. Kalkstein v. Hotteln, Kr. Hildesheim Probe = 38,47 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,19 | 0,19 | 0,25 | — | 0,95 | 1,26 | — | 1,29 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,34 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,49 | 0,50 | 0,66 | — | 2,48 | 3,28 | — | 3,44 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,88 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 3,44 % | | | | | | | | | | | | | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 3,11 % " 2 " " : 3,36 % } | | | |
| 23. Kalkstein v. der Asse bei Schöppenstedt Probe = 36,45 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,78 | 0,30 | 0,22 | — | 2,90 | 2,93 | — | 3,09 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,44 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 2,14 | 0,83 | 0,59 | — | 7,96 | 8,05 | — | 8,46 | — | — | — | — | — | — | — | — | 3,95 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 8,46 % | | | | | | | | | | | | | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 7,60 % " 2 " " : 7,75 % " 4 " " : 8,04 % } wie oben | | | |

| Gestein | November 1900 | | | | | | | | | | | | | | Dezember 1900 | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-----|-----|----------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|-----------------------|
| | Regentag am | 1. | 2. | 5. | 10. | 11. | 12. | 15. | 16. | 17. | 19. | 20. | 26. | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Aufsaugung nach Frost |
| | Regenmenge in mm | 10,4 | 0,15 | 0,4 | Spur | 13,3 | 3,6 | 0,2 | Spur | 22,6 | 4,0 | 0,1 | 10 | 54,55 | 13 | 25,7 | | | | |
| 24. Marmor von Carrara Probe = 35,93 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,008 | 0,012 | 0,025 | — | — | 0,011 | 0,153 | — | — | 0,162 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,02 | 0,03 | 0,06 | — | — | 0,03 | 0,43 | — | — | 0,45 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,45 %. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25. Dachschiefer v. Leutersdorf, Kr. Neuwied Probe = 51,02 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,14 | 0,20 | 0,18 | — | — | 0,23 | 0,37 | — | — | 0,39 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,28 | 0,39 | 0,35 | — | — | 0,45 | 0,73 | — | — | 0,77 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,77 %. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26. Granit von Strehlen Probe = 39,06 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,037 | 0,063 | 0,107 | — | — | 0,145 | 0,30 | — | — | 0,30 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,028 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,09 | 0,16 | 0,27 | — | — | 0,37 | 0,78 | — | — | 0,77 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,07 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,77 %. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 0,49 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 6 stündiger Dauer: 0,87 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|-------|-------|---|---|------|------|---|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| 27. Granit von Strehlen Probe = 38,93 g | Wasseraufnahme in Grammen | — | 0,055 | 0,066 | — | — | 0,11 | 0,24 | — | — | 0,26 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | — | 0,14 | 0,17 | — | — | 0,28 | 0,60 | — | — | 0,67 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,67 %. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28. Granit vom Zobten Probe = 44,09 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,05 | 0,07 | 0,08 | — | — | 0,09 | 0,25 | — | — | 0,29 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,08 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,11 | 0,17 | 0,18 | — | — | 0,21 | 0,57 | — | — | 0,66 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,18 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 0,66 %. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 6 stündiger Dauer: 0,67 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29. Granit, Fundort unbekannt Probe = 37,29 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,07 | 0,11 | 0,13 | — | — | 0,19 | 0,35 | — | — | 0,38 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,112 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,17 | 0,29 | 0,35 | — | — | 0,50 | 0,94 | — | — | 1,02 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,30 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 1,02 %. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 6 stündiger Dauer: 1,09 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30. Trachyt vom Stenzelberg im Siebengebirge Probe = 61,93 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,68 | 0,69 | 0,72 | — | — | 1,87 | 2,11 | — | — | 2,77 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,96 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 1,10 | 1,11 | 1,16 | — | — | 3,01 | 3,41 | — | — | 4,47 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,55 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | 4,47 %. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 2,59 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 6 stündiger Dauer: 0,67 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Die maximale Regenaufnahme nach 22stündiger Sättigung noch nicht erreicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabelle zur Klassifikation
nach Maßgabe des zeitlichen Fortschreitens ihrer Ver-

| Grad der ev. Festigkeitsverminderung | Ohne merkliche Festigkeitsverminderung im Innern | | Geringe Festigkeitsverminderung bis zu 1 cm Tiefe | | Ziemlich beträchtliche Festigkeitsverminderung bis zu 2 cm Tiefe, bezw. vereinzelte Frostrisse | |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes |
| Grad der Oberflächenverwitterung in größeren Flächenteilen | [1,1] | | [1,2] | | [1,3] | |
| Spuren von Oberflächenverwitterung | IA | 650 J. | IA | 950 J. | IB | 980 J. |
| | IB | 475 " | IB | 700 " | IC | 700 " |
| | IC | 350 " | IC | 500 " | I | 450 " |
| | I | 220 " | I | 320 " | I-II | 280 " |
| | I-II | 135 " | I-II | 200 " | II | 150 " |
| [Aufgelockerte Verwitterungsrinde, bezw. Defekte bis zu 2 mm Stärke] | II | 75 " | II | 100 " | II-III | 80 " |
| | II-III | 38 " | II-III | 55 " | III | 42 " |
| | III | 20 " | III | 30 " | IV | 22 " |
| | | | IV | 16 " | V | 12 " |
| Geringe Oberflächenverwitterung | [2,1] | | [2,2] | | [2,3] | |
| | IA | 850 J. | IA | 1200 J. | IA | 1650 J. |
| | IB | 620 " | IB | 875 " | IB | 1200 " |
| | IC | 450 " | IC | 640 " | IC | 875 " |
| | I | 285 " | I | 400 " | I | 550 " |
| | I-II | 175 " | I-II | 250 " | I-II | 350 " |
| [Aufgelockerte Verwitterungsrinde, bezw. Defekte von 2 1/2-3 mm Stärke] | II | 95 " | II | 130 " | II | 180 " |
| | II-III | 50 " | II-III | 70 " | II-III | 95 " |
| | III | 26 " | III | 37 " | III | 50 " |
| | | | IV | 20 " | IV | 27 " |
| | | | | | V | 15 " |
| Ziemlich beträchtliche Oberflächenverwitterung | [3,1] | | [3,2] | | [3,3] | |
| | IA | 1100 J. | IA | 1500 J. | IB | 1460 J. |
| | IB | 800 " | IB | 1100 " | IC | 1070 " |
| | IC | 590 " | IC | 800 " | I | 675 " |
| | I | 370 " | I | 500 " | I-II | 400 " |
| | I-II | 230 " | I-II | 300 " | II | 220 " |
| [Aufgelockerte Verwitterungsrinde, bezw. Defekte von 4-6 mm Stärke] | II | 120 " | II | 160 " | II-III | 115 " |
| | II-III | 65 " | II-III | 90 " | III | 62 " |
| | III | 35 " | III | 46 " | IV | 33 " |
| | IV | 18 " | IV | 25 " | V | 18 " |
| | | | V | 14 " | | |

¹⁾ Anmerkung: Für Gesteinsproben von stark exponierten Architektur- sowie von Bauteilen, welche in unmittelbarer Verbindung mit feuchtem Erdreich Qualitätsziffer um 1 Stufe; für Gesteinsproben aus Bauten im Süßwasser für dergl. Gesteinsproben aus Meeresbauten um 3 Stufen. (Näheres s. Abs. 476.)

der natürlichen Bausteine
witterung im aufgehenden Mauerwerk von Hochbauten¹⁾.

| Beträchtliche Festigkeitsverminderung bis zu 3 cm Tiefe, bezw. schwache stellenweise Zerklüftung | | Starke Festigkeitsverminderung bis zu 4 cm Tiefe, bezw. ziemlich beträchtliche Zerklüftung | | Sehr starke Festigkeitsverminderung im Innern, bezw. starke Zerklüftung | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes |
| [1,4] | | [1,5] | | [1,6] | |
| I-II | 310 J. | | | | |
| II | 190 " | | | | |
| II-III | 100 " | | | | |
| III | 56 " | III | 70 J. | | |
| IV | 30 " | IV | 41 " | | |
| V | 16 " | V | 22 " | V | 28 J. |
| VI | 11 " | VI | 14 " | VI | 16 " |
| [2,4] | | [2,5] | | [2,6] | |
| IB | 1600 J. | | | | |
| IC | 1170 " | | | | |
| I | 750 " | I | 950 J. | | |
| I-II | 450 " | I-II | 600 " | | |
| II | 250 " | II | 300 " | II-III | 195 J. |
| II-III | 130 " | II-III | 160 " | III | 105 " |
| III | 68 " | III | 90 " | IV | 60 " |
| IV | 37 " | IV | 50 " | V | 32 " |
| V | 20 " | V | 26 " | VI | 19 " |
| VI | 13 " | VI | 15 " | | |
| [3,4] | | [3,5] | | [3,6] | |
| IC | 1390 J. | | | | |
| I | 875 " | I | 1106 J. | | |
| I-II | 535 " | I-II | 680 " | I-II | 840 J. |
| II | 285 " | II | 360 " | II | 420 " |
| II-III | 150 " | II-III | 190 " | II-III | 225 " |
| III | 80 " | III | 100 " | III | 125 " |
| IV | 43 " | IV | 55 " | IV | 67 " |
| V | 24 " | V | 30 " | V | 37 " |
| VI | 12 " | VI | 17 " | VI | 22 " |

teilen (unbedeckte Gesimse, Abdeckplatten usw.) und von skulpturierten Steinen stehen (Futtermauern usw.), erhöht sich die nach der Tabelle bestimmte (entnommen in der Höhe des veränderlichen Wasserstandes) um 2 Stufen und

| Grad der ev. Festigkeitsverminderung | Ohne merkliche Festigkeitsverminderung im Innern | | Geringe Festigkeitsverminderung bis zu 1 cm Tiefe | | Ziemlich beträchtliche Festigkeitsverminderung bis zu 2 cm Tiefe, bezw. vereinzelt Frostrisse | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes |
| Grad der Oberflächenverwitterung in größeren Flächenteilen | [4,1] | | [4,2] | | [4,3] | |
| Beträchtliche Oberflächenverwitterung | IA | 1400 J. | IA | 1850 J. | IB | 1750 J. |
| | IB | 1020 " | IB | 1350 " | IC | 1280 " |
| | IC | 750 " | IC | 985 " | I | 800 " |
| [Aufgelockerte Verwitterungsrinde, bezw. Defekte von 7-12 mm Stärke; auch vereinzelt stärkere Ausnagungen] | I | 470 " | I | 620 " | I | 500 " |
| | I-II | 290 " | I-II | 380 " | II | 265 " |
| | II | 150 " | II | 200 " | II-III | 140 " |
| | II-III | 80 " | II-III | 110 " | III | 75 " |
| | III | 43 " | III | 60 " | IV | 40 " |
| | IV | 23 " | IV | 30 " | V | 22 " |
| | | | V | 17 " | VI | 13 " |
| | | | VI | 10 " | | |
| Starke Oberflächenverwitterung | [5,1] | | [5,2] | | [5,3] | |
| [Aufgelockerte Verwitterungsrinde, bezw. Defekte von 13-20 mm Stärke; auch vielfach stellenweise stärkere Ausnagungen] | | | IB | 1640 J. | IC | 1500 " |
| | | | IC | 1200 " | I | 960 " |
| | | | I | 760 " | I-II | 590 " |
| | | | I-II | 465 " | II | 310 " |
| | | | II | 250 " | II-III | 165 " |
| | | | II-III | 130 " | III | 88 " |
| | | | III | 70 " | IV | 47 " |
| | | | IV | 40 " | V | 26 " |
| | | | V | 22 " | VI | 15 " |
| | | | VI | 12 " | | |
| Sehr starke Oberflächenverwitterung | [6,1] | | [6,2] | | [6,3] | |
| [Aufgelockerte Verwitterungsrinde, bezw. Defekte von 21-30 mm Stärke; auch stellenweise tiefe, löcherige Auswitterung] | | | IB | 1970 J. | IC | 1785 J. |
| | | | IC | 1440 " | I | 1125 " |
| | | | I | 900 " | I-II | 690 " |
| | | | I-II | 560 " | II | 370 " |
| | | | II | 300 " | II-III | 190 " |
| | | | II-III | 160 " | III | 100 " |
| | | | III | 85 " | IV | 55 " |
| | | | IV | 45 " | V | 30 " |
| | | | V | 25 " | VI | 17 " |
| | | | VI | 14 " | | |

(Erläuterung zum Gebrauch der

| Beträchtliche Festigkeitsverminderung bis zu 3 cm Tiefe, bezw. schwache stellenweise Zerklüftung | | Starke Festigkeitsverminderung bis zu 4 cm Tiefe, bezw. ziemlich beträchtliche Zerklüftung | | Sehr starke Festigkeitsverminderung im Innern, bezw. starke Zerklüftung | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes |
| [4,4] | | [4,5] | | [4,6] | |
| IC | 1625 J. | | | I | 1560 J. |
| I | 1025 " | I | 1275 J. | I-II | 960 " |
| I-II | 630 " | I-II | 785 " | II | 515 " |
| II | 330 " | II | 415 " | II-III | 270 " |
| II-III | 175 " | II-III | 215 " | III | 145 " |
| III | 95 " | III | 115 " | IV | 80 " |
| IV | 50 " | IV | 62 " | V | 42 " |
| V | 28 " | V | 34 " | VI | 25 " |
| VI | 16 " | VI | 20 " | | |
| [5,4] | | [5,5] | | [5,6] | |
| IC | 1890 J. | | | I | 1763 J. |
| I | 1190 " | I | 1460 J. | I-II | 1100 " |
| I-II | 735 " | I-II | 900 " | II | 590 " |
| II | 390 " | II | 480 " | II-III | 300 " |
| II-III | 210 " | II-III | 250 " | III | 160 " |
| III | 110 " | III | 135 " | IV | 87 " |
| IV | 60 " | IV | 72 " | V | 48 " |
| V | 32 " | V | 40 " | VI | 28 " |
| VI | 19 " | VI | 23 " | | |
| [6,4] | | [6,5] | | [6,6] | |
| I | 1375 J. | I | 1660 J. | I-II | 1200 J. |
| I-II | 850 " | I-II | 1025 " | II | 650 " |
| II | 450 " | II | 550 " | II-III | 340 " |
| II-III | 240 " | II-III | 285 " | III | 180 " |
| III | 130 " | III | 155 " | IV | 100 " |
| IV | 68 " | IV | 82 " | V | 55 " |
| V | 37 " | V | 45 " | VI | 32 " |
| VI | 22 " | VI | 26 " | | |

vorstehenden Tabelle s. Abs. 475.)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------|------|---|------|------|------|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|------|----------------------------------------------------|
| 6. Sandstein unbekannter Herkunft Probe = 49,25 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,33 | 0,26 | 0,27 | — | 2,23 | 2,53 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,79 | |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,66 | 0,53 | 0,53 | — | 4,53 | 5,13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,44 | |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | nach 1 stündiger Dauer: 5,12% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | " 2 " " " 5,18% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | " 3 " " " 5,30% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. Sandstein v. Langenbrück Probe = 37,59 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,03 | 0,03 | 0,05 | — | 0,05 | 0,08 | — | — | 0,09 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | Probe stark mit Eis bedeckt, deshalb nicht gewogen |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,07 | 0,07 | 0,13 | — | 0,12 | 0,20 | — | — | 0,23 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | nach 1 stündiger Dauer: 0,14% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | " 2 " " " 0,30% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. Kalksandstein von Nottuln Probe = 35,51 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,81 | 0,57 | 0,53 | — | 2,60 | 2,99 | — | — | 3,03 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,88 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 2,29 | 1,59 | 1,50 | — | 7,31 | 8,43 | — | — | 8,54 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2,50 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 8,54% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. Sandstein aus dem Kreise Wanleben Probe = 31,37 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,52 | 0,25 | 0,26 | — | 1,22 | 1,38 | 1,35 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,46 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,80 | 0,78 | 0,82 | — | 3,88 | 4,38 | 4,30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,47 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | nach 1 stündiger Dauer: 3,94% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | " 2 " " " 4,24% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | " 3 " " " 4,26% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | " 4 " " " 4,73% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Gestein | November 1900 | | | | | | | | | | | Dezember 1900 | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|-----|----------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|-------------------------------------------------------|
| | Regentag am | 1. | 2. | 5. | 10. | 11. | 12. | 15. | 16. | 17. | 19. | 20. | 26. | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anfangs- saugung a. 4. 1. 1901 nach Frost |
| | Regenmenge in mm | 10,4 | 0,15 | 0,4 | Spur | 13,3 | 3,6 | 0,2 | Spur | 22,6 | 4,0 | 0,1 | 10 | 54,55 | 13 | 25,7 | | | | |
| 10. Grauwacke von Sieber- thal bei Herzberg Probe = 39,28 g | Wasseraufnahme in Gramm | 0,07 | 0,08 | 0,08 | — | — | 0,09 | 0,16 | — | — | 0,17 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,04 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,19 | 0,21 | 0,21 | — | — | 0,22 | 0,40 | — | — | 0,43 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,11 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 0,40 % " 2 " " 0,44 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11. Grauwacke von Weldes- gowen, Kr. Siegen Probe = 31,73 g | Wasseraufnahme in Gramm | 0,21 | 0,28 | 0,28 | — | — | 0,42 | 0,68 | — | — | 0,70 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,11 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,66 | 0,87 | 0,90 | — | — | 1,30 | 2,13 | — | — | 2,21 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,34 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 1,85 % " 2 " " 1,99 % " 3 " " 2,17 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12. Grauwacke v. Herdecke Probe = 39,69 g | Wasseraufnahme in Gramm | 0,25 | 0,32 | 0,45 | — | — | 0,67 | 0,70 | — | — | 0,80 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,16 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,64 | 0,82 | 1,14 | — | — | 1,69 | 1,75 | — | — | 1,89 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,39 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 1,91 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Gestein | November 1900 | | | | | | | | | | | | Dezember 1900 | | | | |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-----|-------|------|-----|-----|----------------------|------------------|----------------------|------------------|-------------------------------------|
| | 1. | 2. | 5. | 10. | 11. | 12. | 15. | 16. | 17. | 19. | 20. | 26. | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Aufsaugung a. d. 1. 1901 nach Frost |
| | Regentag am | 10,4 | 0,15 | 0,4 | Spur | 13,3 | 3,6 | 0,2 | Spur | 22,6 | 4,0 | 0,1 | 10 | 54,55 | 13 | 25,7 | |
| | Regenmenge in mm | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17. Kalkstein vom Elmgebirge, Kr. Helmstedt | Wasseraufnahme in Gramm | 0,47 | 0,30 | 0,26 | — | 2,28 | 2,40 | — | 2,51 | — | — | — | — | — | — | — | 1,10 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 1,05 | 0,66 | 0,58 | — | 5,10 | 5,39 | — | 5,63 | — | — | — | — | — | — | — | 2,46 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 5,24 % " 2 " " : 5,27 % " 4 " " : 5,43 % } wie oben | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18. Kalkstein von Roßdorf in Hessen | Wasseraufnahme in Gramm | 2,09 | 0,69 | 0,35 | — | 7,27 | 7,74 | — | 8,10 | — | — | — | — | — | — | — | 4,22 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 3,61 | 1,19 | 0,61 | — | 12,60 | 13,41 | — | 14,04 | — | — | — | — | — | — | — | 7,31 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 12,98 % " 2 " " : 13,28 % " 4 " " : 13,51 % } wie oben | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19. Kalkstein von Beckum in Westfalen | Wasseraufnahme in Gramm | 0,22 | 0,25 | 0,22 | — | 0,36 | 0,59 | — | 0,65 | — | — | — | — | — | — | — | 0,07 |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,62 | 0,69 | 0,62 | — | 1,03 | 1,74 | — | 1,90 | — | — | — | — | — | — | — | 0,20 |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | Experimentelle Wasseraufnahme { nach 1 stündiger Dauer: 1,02 % " 2 " " : 1,47 % " 3 " " : 1,82 % } Maximale Regenaufnahme nach 3 stündiger Wassersättigung noch nicht erreicht | | | | | | | | | | | | | | | |

| Gestein | November 1900 | | | | | | | | | | | Dezember 1900 | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|---------------|-----|----------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | Regentag am | 1. | 2. | 5. | 10. | 11. | 12. | 15. | 16. | 17. | 19. | 20. | 26. | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Anzahl der Regentage | Regenmenge in mm | Aufsaugung a. 4. 1. 1901 nach Frost | |
| | Regenmenge in mm | 10,4 | 0,15 | 0,4 | Spur | 13,3 | 3,6 | 0,2 | Spur | 22,6 | 4,0 | 0,1 | 10 | 5,4,55 | 13 | 25,7 | | | | | |
| 24. Marmor von Carrara Probe = 35,93 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,008 | 0,012 | 0,025 | — | — | 0,011 | 0,153 | — | — | 0,162 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,02 | 0,03 | 0,06 | — | — | 0,03 | 0,43 | — | — | 0,45 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | } 0,45 %. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25. Dachschiefer v. Leutersdorf, Kr. Neuwied Probe = 51,02 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,14 | 0,20 | 0,18 | — | — | 0,23 | 0,37 | — | — | 0,39 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,28 | 0,39 | 0,35 | — | — | 0,45 | 0,73 | — | — | 0,77 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | } 0,77 %. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26. Granit von Strehlen Probe = 39,06 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,037 | 0,063 | 0,107 | — | — | 0,145 | 0,30 | — | — | 0,30 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,028 | |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,09 | 0,16 | 0,27 | — | — | 0,37 | 0,78 | — | — | 0,77 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,07 | |
| | Maximum der Regenaufnahme des Gesteins | } 0,77 %. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Experimentelle Wasseraufnahme nach 1 stündiger Dauer: 0,49 % | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Experimentelle Wasseraufnahme nach 6 stündiger Dauer: 0,87 % | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------|-------|-------|-----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|-------------------------|--------|--|--|--|--|-------------------------------|-----|-------|-----|------|-----|------|-----|-----|---|-----|------|-----|------|-----|-----|----|-----|------|-----|------|
| 27. Granit von Strehlen Probe = 38,93 g | Wasseraufnahme in Grammen | — | 0,055 | 0,066 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | — | 0,14 | 0,17 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Maximum der Regenaufnahme | — | 0,11 | 0,24 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | des Gesteins | — | 0,28 | 0,60 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 6stündiger Dauer: 0,67 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28. Granit vom Zobten Probe = 44,09 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,05 | 0,07 | 0,08 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,11 | 0,17 | 0,18 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Maximum der Regenaufnahme | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | des Gesteins | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 6stündiger Dauer: 0,67 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29. Granit, Fund- ort unbekannt Probe = 37,29 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,07 | 0,11 | 0,13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 0,17 | 0,29 | 0,35 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Maximum der Regenaufnahme | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | des Gesteins | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 6stündiger Dauer: 1,09 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30. Trachyt vom Stenzelberg im Siebengebirge Probe = 61,93 g | Wasseraufnahme in Grammen | 0,68 | 0,69 | 0,72 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | desgl. in % des Gesteinsgewichts | 1,10 | 1,11 | 1,16 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Maximum der Regenaufnahme | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | des Gesteins | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentelle Wasseraufnahme nach 6stündiger Dauer: 1,09 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Die maximale Regenaufnahme nach 22stündiger Sättigung noch nicht erreicht</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">nach 1 stündiger Dauer:</td> <td style="width: 20%;">2,59 %</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Experimentelle Wasseraufnahme</td> <td style="text-align: center;">" "</td> <td style="text-align: center;">3 1/2</td> <td style="text-align: center;">" "</td> <td style="text-align: center;">3,15</td> <td style="text-align: center;">" "</td> <td style="text-align: center;">3,33</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">" "</td> <td style="text-align: center;">" "</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">" "</td> <td style="text-align: center;">3,37</td> <td style="text-align: center;">" "</td> <td style="text-align: center;">3,71</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">" "</td> <td style="text-align: center;">" "</td> <td style="text-align: center;">22</td> <td style="text-align: center;">" "</td> <td style="text-align: center;">3,71</td> <td style="text-align: center;">" "</td> <td style="text-align: center;">3,71</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | | | | | | | | nach 1 stündiger Dauer: | 2,59 % | | | | | Experimentelle Wasseraufnahme | " " | 3 1/2 | " " | 3,15 | " " | 3,33 | " " | " " | 4 | " " | 3,37 | " " | 3,71 | " " | " " | 22 | " " | 3,71 | " " | 3,71 |
| | nach 1 stündiger Dauer: | 2,59 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Experimentelle Wasseraufnahme | " " | 3 1/2 | " " | 3,15 | " " | 3,33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| " " | " " | 4 | " " | 3,37 | " " | 3,71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| " " | " " | 22 | " " | 3,71 | " " | 3,71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

335. Aus diesen während zweier regnerischer Herbstmonate ausgeführten Untersuchungen läßt sich folgendes entnehmen:

Die von etwa 15—20 ccm großen würfelförmigen Gesteinsstücken vor Beginn der Frostperiode durchschnittlich aufgenommenen Regenmengen entsprechen bei porösen Gesteinen, wie z. B. bei den meisten Sandsteinen, derjenigen experimentellen Wassersättigung, welche in 1 bis 2 Stunden, bei langsamem Eintauchen der Proben in Wasser, erreicht wird.

Für dichte Sandsteine und Grauwacken beträgt diese Zeit 2—5 Stunden, für dichte Kalksteine 8—13 Stunden, für grobkörnige Granite etwa 6 Stunden und für andere sehr feinkörnige bis dichte Silikatgesteine (falls der vereinzelte Versuch an dem Trachyt vom Stenzelberg, s. Nr. 30, eine allgemeinere Bedeutung hat) mehr als 22 Stunden.

Es ließ sich aber annehmen, daß diese im Freien aufgestellten, dem Regen von allen Seiten zugänglichen Gesteinsproben, trotz der hier andererseits in Betracht kommenden starken Verdunstung, eine größere Wasseraufnahme erfahren hatten, als dies für die Gesteine im Mauerwerk der Fall ist.

336. Um einen Anhalt dafür zu gewinnen, in welchem Maße die Regenaufsaugung von Gesteinen im Verbands eines Bauwerks stattfindet, wurden am 30. Dezember 1900 bei beginnendem Frost und nach einem tags zuvor niedergegangenen Regen von 6,4 mm folgende Gesteinsproben aus der Westseite des Hauptgebäudes der Technischen Hochschule zu Charlottenburg durch Herausmeißeln entnommen:

1. eine Probe (Postelwitzer Sandstein) von der Oberkante der ersten Quaderreihe über dem Gesims bei *a* (s. Fig. 134);
2. eine Probe (Nebraer Sandstein) von der Unterkante der Rustika-Quadern bei *b*;
3. eine Probe desselben Gesteins von der Hohlkehle des Fußgesimses bei *c*;
4. eine Probe (Kamenzer Granit) von der Oberkante des Sockels bei *d*, 1 m über dem Erdboden;
5. eine Probe desselben Gesteins 0,25 m unter dem Erdboden bei *e*.

Die Proben wurden sofort nach der Herausnahme aus dem Mauerwerk in Glasgefäße mit aufgeschliffenem Deckel gelegt und unmittelbar darauf ausgewogen. Alsdann sind dieselben zunächst mehrere Tage in einem warmen Zimmer und schließlich bei 30° C vollkommen getrocknet und wiederum gewogen worden.

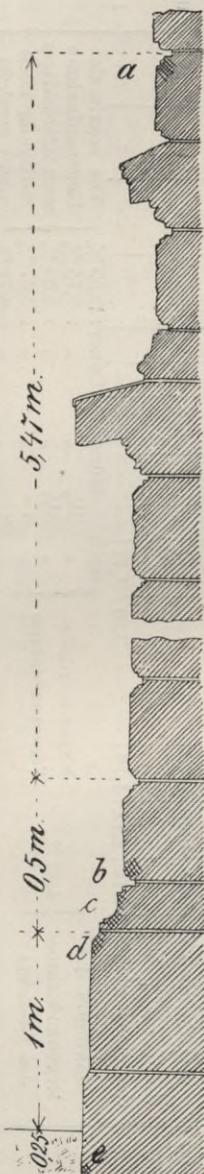


Fig. 134.

Durch künstliche Wassersättigung, welche mit denselben Proben im Tropfapparat (s. Abs. 205) bei stündlicher Bestimmung des aufgenommenen Wassers vorgenommen wurde, sollte, als Ergänzung der Versuche in Abs. 334, ein Anhalt für die Beurteilung des Zeit- und Mengenverhältnisses zwischen der experimentellen Wasseraufsaugung in kleineren Probestücken und der Regenaufsaugung der Gesteine im Bauverbande gewonnen werden.

Das Versuchsergebnis war folgendes:

| Gesteinsprobe aus dem Mauerwerk | α | β | Gewicht des aufgenommenen Regenwassers | Desgl. in % des Gesteinsgewichts | Wasseraufnahme im Tropfapparat in % des Gesteinstrockengewichts | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| | Gewicht der regenfeuchten Probe | Gewicht der getrockneten Probe | | | nach 1 Std. | nach 2 Stdn. | nach 3 Stdn. |
| | g | g | | | g | % | % |
| a) Sandstein v. Postelwitz; Probe von der ersten Quader über dem Gesims in Höhe von 6,97 m | 98,780 | 98,573 | 0,207 | 0,21 | 7,288 | 7,307 | 7,380 |
| b) Sandstein v. Nebra; Probe von einer Rustikaquader in 15 m Höhe . . | 104,122 | 103,921 | 0,201 | 0,19 | 5,782 | 5,893 | 5,902 |
| c) Sandstein v. Nebra; Probe v. der Hohlkehle des Fußgesimses in 1,01 m Höhe | 124,85 | 124,55 | 0,30 | 0,24 | 8,836 | 8,870 | 9,020 |
| d) Granit v. Kamenz; Probe 1 m über der Erde . . . | 88,811 | 88,61 | 0,20 | 0,22 | 0,622 | 0,641 | 0,702 |
| e) Granit v. Kamenz; Probe 0,25 m unter der Erdoberfläche | 54,785 | 54,498 | 0,287 | 0,52 | 0,502 | 0,545 | 0,545 |

Diese Resultate zeigen in überraschender Weise, eine wie außerordentlich geringe Regenaufnahme selbst poröse Sandsteine im aufgehenden Mauerwerk, sowie in vorspringenden Architekturteilen, nach starken Herbstniederschlägen erfahren.

Beim Eintauchen der getrockneten Sandsteinstücke a, b, c (Größe etwa 40 ccm) in Wasser wurde innerhalb einer Stunde die 28- bis 34fache Wassermenge absorbiert, wie sie dieselben Gesteinsproben nach ihrer Entnahme aus dem Mauerwerk aufwiesen. Dabei sei bemerkt, daß in den beiden vorhergegangenen Monaten November und Dezember eine Regenmenge von zusammen 80,25 mm gefallen war.

Für dichtere Gesteine (s. Granit d in obiger Tabelle) reduzierte sich das Gewicht der in einer Stunde aufgenommenen Wassermenge auf das Dreifache der absorbierten Regenmenge, wogegen der bis unter die Erdoberfläche hinabreichende Granit (e) annähernd so viel Wasser aufgenommen hatte, als von demselben bei einstündiger experimenteller Wassersättigung absorbiert worden war.

337. Die geringe Regenaufnahme, welche die Gesteine im Bauverbände, gegenüber ihrer künstlichen Wasserdurchtränkung in kleineren Probestücken, erfahren, dürfte vorzugsweise auf die zwischen den einzelnen Regenfällen stattfindende Verdunstung, dann aber auch darauf zurückzuführen sein, daß das Baugestein im aufgehenden Mauerwerk nur eine einzelne Aufsaugungsfläche darbietet, während bei der künstlichen Sättigung das Wasser allseitig in das Probestück einzudringen vermag.

Um ein Maß für die Verdunstung zu erhalten, wurde eine Anzahl annähernd gleich formatisierter Sandsteinstäbe von rechteckigem Querschnitt derartig mit einer wasserdichten Harzschrift überzogen, daß nur eine Längsfläche für die Wasseraufsaugung bzw. Verdunstung frei blieb, und zwar an je zwei Probestücken desselben Gesteins eine Längsfläche \parallel und \perp zur Schichtung.

Die so präparierten Proben wurden 45 Stunden in Wasser gelegt und nach Bestimmung des Gewichts der aufgenommenen Wassermenge 45 Stunden bei etwa 17°C der Verdunstung überlassen. Die Gewichts Differenz ergab die Menge des verdunsteten Wassers.

Das Resultat war folgendes:

| Gesteinsprobe | Inhalt des gefirniften Probestückes in ccm | Die nicht gefirnifte Aufsaugungs- bzw. Verdunstungsfläche \perp oder \parallel zur Schichtungsfläche des Gesteins | Verdunstungsfläche des gefirniften Probestückes in qcm | Wasseraufnahme des gefirniften Probestückes innerhalb 45 Stunden in Gew.-% des Gesteins | Verdunstung in 45 Stunden bei 17°C in Gew.-% der Wasseraufnahme |
|-----------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Sandstein von Bentheim | 82,000 | \perp | 20,000 | 3,20 | 20,81 |
| | 80,000 | \parallel | 20,000 | 3,37 | 14,53 |
| Sandstein von Goldberg | 93,913 | \perp | 21,840 | 4,76 | 16,62 |
| | 91,728 | \parallel | 21,840 | 5,13 | 14,59 |
| Sandstein von Albendorf | 82,320 | \perp | 20,580 | 4,77 | 13,09 |
| | 102,460 | \parallel | 24,990 | 3,75 | 28,63 |
| Sandstein von Meisenheim | 76,342 | \perp | 18,620 | 5,84 | 14,32 |
| | 69,675 | \parallel | 19,200 | 5,91 | 14,05 |
| Kalksandstein von Baumberge | 36,900 | \perp | 12,300 | 11,94 | 13,19 |
| | 36,900 | \parallel | 12,300 | 14,96 | 13,18 |
| Sandstein von Alvensleben | 85,730 | \perp | 20,910 | 3,53 | 19,09 |
| | 83,447 | \parallel | 20,400 | 3,48 | 29,84 |
| Sandstein von Nebra | 87,514 | \perp | 22,440 | 3,75 | 24,49 |
| | 81,396 | \parallel | 19,831 | 3,86 | 28,18 |
| Im Durchschnitt | | | | 5,589 | 18,90 |

Es waren demnach bei 17° C im Durchschnitt etwa 18,90% der in den Gesteinen enthaltenen Wassermenge in derselben Zeit verdunstet, in welcher die ganze Menge aufgenommen worden war. Nach 140 Stunden, also in der dreifachen Aufsaugungszeit, erwiesen sich die Proben als nahezu lufttrocken.

338. Aus den vorstehend dargelegten Versuchen ergeben sich folgende allgemeine Resultate:

- a) Die natürlichen Gesteine erfahren im Bauverbande durch die atmosphärischen Niederschläge im allgemeinen eine bei weitem geringere Wasserdurchträngung, als solche an kleineren Gesteinsproben durch ein- bis mehrstündiges Eintauchen in Wasser erzielt wird.
- b) Je dichter das Gestein ist, desto geringer ist der Unterschied zwischen seiner Regenaufnahme im Bauverbande und seiner künstlichen Wasseraufsaugung in Probestücken.

339. Noch ein weiteres, für die vorliegende Frage wichtiges Resultat hatte aber die Untersuchung der aus dem Bauverbande entnommenen Proben ergeben.

Der Nebraer Sandstein (Abs. 336 b und c) war trotz seines geringen Wassergehaltes von 0,201 bzw. 0,30 Gew.-% so außerordentlich mürbe geworden, daß er in kleinen Stücken zwischen den Fingern zerdrückt werden konnte, eine Eigenschaft, welche die beim Trocknen wieder ziemlich fest gewordene Probe erst nach mehrtägigem Liegen unter Wasser und bei einer Wasseraufnahme von 9,8 Gew.-% aufs neue erlangte.

Diese Erscheinung läßt sich unschwer in folgender Weise erklären. Der Nebraer Sandstein ist ein ziemlich poröses Gestein mit tonigem Bindemittel. Legt man ein solches Material unter Wasser, so werden sehr bald die Poren mehr oder weniger vollkommen mit Wasser erfüllt sein, aber erst nach längerer Zeit durchdringt dasselbe die tonige Binde substanz so vollständig, daß dieselbe erweicht.

Derselbe Vorgang findet in dem Baugestein durch die Einwirkung der meteorischen Niederschläge statt. Unmittelbar jedoch nach dem Regen tritt die Verdunstung ein, und zwar zunächst die des Porenwassers, während der Wassergehalt der Tonsubstanz, von dieser begierig festgehalten, lange Zeit der Verdunstung widersteht.

Es kann daher nahezu alles Porenwasser eines derartigen Gesteins verdunstet sein, und dasselbe wird trotzdem mürbe bleiben, wenn das tonige oder allgemein das vom Wasser erweichbare Bindemittel noch hinreichend durchfeuchtet ist.

340. Diese Verhältnisse stehen in unmittelbarer Beziehung zu der Tatsache, daß gewisse poröse Baugesteine, welche bei Eintritt des Frostes bereits den größten Teil des im Herbst aufgenommenen Regenwassers durch Verdunstung verloren zu haben pflegen und deshalb in der gedachten Jahreszeit meist nur einen geringen summarischen Wassergehalt besitzen, dennoch im Laufe der Zeit erhebliche Frostschäden aufweisen. Es wird dieser Fall dann eintreten können, wenn derjenige Bestandteil des Gesteins, welcher für die Festigkeit desselben von maßgebendem Einfluß ist, in dem vorerwähnten Falle also das Bindemittel, trotz der Verdunstung des Porenwassers noch nahezu mit Wasser gesättigt bleibt.

Hier ist es also nicht die summarische Wasseraufnahme des Gesteins, sondern der Sättigungsgrad eines einzelnen Bestandteils, wodurch die Frostunbeständigkeit bedingt wird.

341. Die zu Wasserbauten verwendeten Gesteine erlangen, soweit sie dauernd oder periodisch mit dem Wasser in Berührung sind, nicht nur eine ebenso vollkommene Wassersättigung als bei der experimentellen Frostprüfung, sondern es findet hier auch infolge der langjährigen Wassereinwirkung eine erheblich stärkere Erweichung der Gesteine mit tonigen oder erdig-kalkigen Gemengteilen statt, als dies experimentell zu erzielen ist. Unter diesen Umständen werden die unmittelbar unter der Wasseroberfläche oder in Höhe des veränderlichen Wasserspiegels befindlichen Quadern eine gleich starke bzw. stärkere Frostwirkung erfahren als bei Ausführung der experimentellen Frostprüfung, während die in den tieferen Wasserschichten befindlichen Bauteile der Frostwirkung naturgemäß entzogen bleiben.

B. Die Häufigkeit des Wechsels von Frost- und Tautemperatur in unserem Klima.

342. Bei Erörterung der Frage, wie oft innerhalb Jahresfrist das Gesteinsmaterial unserer Bauwerke der Wirkung des Frostes durchschnittlich ausgesetzt ist, müssen aus der Zahl der Frosttage diejenigen ausgeschieden werden, welche nach längeren regenlosen Perioden eintreten, in denen die Oberfläche der Gesteine nahezu lufttrocken geworden ist, und ferner auch solche Frosttage, welche unmittelbar, ohne inzwischen eingetretene Tautemperatur aufeinander folgen, da die Kälte auf bereits gefrorenes Gestein eine zerstörende Wirkung nicht mehr ausüben vermag. Dabei ist zu berücksichtigen, daß eine geringe und kurze Erhöhung der Temperatur über den Nullpunkt nicht genügt, um ein merkliches Auftauen der gefrorenen Gesteinsquadern zu bewirken.

In der nachfolgenden Liste, welche aus den Beobachtungen des Kgl. Meteorologischen Instituts während der Jahre 1884 bis 88 und 1891 bis 92, und zwar nach den Aufzeichnungen der Berliner Stationen zusammengestellt worden ist, sind diejenigen Frosttage verzeichnet worden, welche nach einer Temperaturerhöhung von 4° und 7° C in den gedachten Zeitabschnitten eingetreten sind.

| | | Anzahl der Frosttage nach einer vorhergegangenen Temperaturerhöhung bis auf | | Summarische Niederschlagsmenge zwischen den einzelnen Frosttagen in mm | | | Anzahl der Frosttage nach einer vorhergegangenen Temperaturerhöhung bis auf | | Summarische Niederschlagsmenge zwischen den einzelnen Frosttagen in mm |
|-------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------|---------|------|-----------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------|
| | | 4° C | 7° C | | 4° C | 7° C | | | |
| 1884 | | | | | | | | | |
| Januar | 1. | 1 | — | 9,50 | Februar | 27. | 1 | 1 | 3,20 |
| " | 9. | 1 | — | 4,70 | März | 5. | 1 | — | — |
| " | 13. | 1 | 1 | 44,60 | " | 6. | 2 | 2 | 15,60 |
| Februar | 3. | 1 | 1 | 1,40 | " | 23. | 1 | 1 | 28,10 |
| " | 7. | 1 | 1 | 7,50 | April | 17. | 1 | 1 | — |
| " | 14. | 1 | 1 | 8,70 | " | 19. | 1 | — | 23,20 |

| | | Anzahl der Frosttage nach einer vorhergegangenen Temperaturerhöhung bis auf | | Summarische Niederschlagsmenge zwischen den einzelnen Frosttagen in mm | | | Anzahl der Frosttage nach einer vorhergegangenen Temperaturerhöhung bis auf | | Summarische Niederschlagsmenge zwischen den einzelnen Frosttagen in mm |
|-------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------|-------------|------|-----------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------|
| | | 4° C | 7° C | | 4° C | 7° C | | | |
| | | | | | 1886 | | | | |
| April | 26. | 1 | 1 | — | Januar | 6. | 1 | 1 | 18,00 |
| " | 27. | 1 | 1 | 1,10 | " | 30. | 1 | — | 23,30 |
| November | 13. | 1 | 1 | 0,80 | März | 23. | 1 | — | 39,10 |
| " | 16. | 1 | — | 31,10 | " | 25. | 1 | 1 | — |
| " | 29. | 1 | — | 47,70 | April | 1. | 1 | 1 | 4,40 |
| Dezember | 17. | 1 | 1 | — | " | 5. | 1 | 1 | 1,30 |
| | | 19 | 13 | — | Oktober | 28. | 1 | 1 | — |
| | | | | | November | 23. | 2 | 1 | 3,10 |
| | | | | | Dezember | 2. | 1 | 1 | 5,20 |
| 1885 | | | | | " | 11. | 1 | 1 | 6,60 |
| Januar | 12. | 1 | — | 28,80 | " | 17. | 1 | 1 | 16,10 |
| Februar | 7. | 1 | 1 | 17,20 | | | 12 | 9 | — |
| " | 8. | 2 | — | 0,10 | 1887 | | | | |
| " | 19. | 1 | 1 | 7,90 | Januar | 25. | 1 | — | 38,40 |
| " | 25. | 1 | 1 | 4,30 | Februar | 7. | 1 | 1 | 3,40 |
| März | 4. | 1 | — | 11,20 | " | 27. | 1 | 1 | 7,60 |
| " | 7. | 1 | — | 16,60 | März | 1. | 1 | — | — |
| " | 9. | 1 | 1 | — | " | 9. | 1 | 1 | 0,10 |
| " | 10. | 1 | — | — | April | 16. | 1 | 1 | 47,20 |
| " | 13. | 1 | — | 1,00 | Oktober | 26. | 1 | 1 | 5,90 |
| " | 21. | 1 | 1 | 5,00 | " | 27. | 1 | — | — |
| " | 31. | 1 | 1 | 8,40 | " | 28. | 1 | — | — |
| April | 1. | 1 | 1 | — | November | 15. | 1 | 1 | 5,10 |
| " | 3. | 1 | 1 | — | Dezember | 8. | 1 | 1 | 11,10 |
| " | 14. | 1 | 1 | 58,90 | " | 13. | 1 | 1 | 8,50 |
| Oktober | 21. | 1 | 1 | — | " | 25. | 1 | 1 | 19,90 |
| " | 29. | 1 | 1 | 11,80 | | | 13 | 9 | — |
| November | 2. | 1 | — | 2,80 | 1888 | | | | |
| " | 4. | 1 | — | — | Januar | 13. | 1 | 1 | 23,10 |
| " | 10. | 1 | 1 | 0,90 | " | 27. | 1 | — | 22,30 |
| " | 15. | 1 | 1 | 2,70 | März | 11. | 1 | 1 | 92,70 |
| " | 25. | 1 | — | 1,80 | April | 6. | 1 | 1 | 65,80 |
| Dezember | 3. | 1 | 1 | 36,60 | " | 27. | 1 | 1 | — |
| " | 7. | 1 | 1 | 2,50 | Oktober | 20. | 1 | 1 | 0,50 |
| " | 19. | 1 | — | 17,30 | | | 26 | 15 | — |

| | | Anzahl der Frosttage nach einer vorhergegangenen Temperaturerhöhung bis auf | | Summarische Niederschlagsmenge zwischen den einzelnen Frosttagen in mm | | | Anzahl der Frosttage nach einer vorhergegangenen Temperaturerhöhung bis auf | | Summarische Niederschlagsmenge zwischen den einzelnen Frosttagen in mm |
|----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------|-------------|------|-----------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------|
| | | 4° C | 7° C | | 4° C | 7° C | | | |
| November | 5. | 1 | 1 | — | November | 7. | 1 | — | 2,30 |
| Dezember | 7. | 1 | 1 | 2,40 | " | 30. | 1 | — | 3,20 |
| " | 11. | 1 | — | 1,70 | Dezember | 17. | 1 | 1 | 43,60 |
| " | 19. | 1 | — | 3,40 | | | 12 | 7 | — |
| " | 28. | 1 | — | 11,20 | | | | | |
| | | 11 | 7 | — | 1892 | | | | |
| | | | | | Januar | 2. | 1 | 1 | 38,00 |
| | | | | | " | 6. | 1 | — | 3,30 |
| | | | | | Februar | 9. | 1 | 1 | 43,70 |
| | | | | | " | 13. | 1 | — | 3,40 |
| | | | | | März | 11. | 1 | — | 10,20 |
| | | | | | " | 16. | 1 | — | 1,80 |
| | | | | | " | 15. | 1 | 1 | — |
| | | | | | " | 20. | 1 | — | — |
| | | | | | Oktober | 27. | 1 | 1 | — |
| | | | | | Dezember | 2. | 1 | — | 18,60 |
| | | | | | " | 21. | 1 | 1 | 59,60 |
| | | | | | | | 11 | 5 | — |

343. Es ergibt sich hieraus, daß eine Wiederholung des Frostes nach vorhergegangener Lufterwärmung auf mindestens 4° C und nach vorhergegangenen Regen eingetreten war:

| | | |
|---|----------------|------------|
| | im Jahre 1884: | 19mal |
| " | " | 1885: 25 " |
| " | " | 1886: 12 " |
| " | " | 1887: 12 " |
| " | " | 1888: 10 " |
| " | " | 1891: 11 " |
| " | " | 1892: 12 " |

durchschnittlich jährlich: 14mal

Das Maximum lieferte das Jahr 1885 mit 25maligem Frostwechsel.

Die Prüfung der Gesteine auf ihre Frostbeständigkeit, wie sie in den Versuchsanstalten durch 25maliges Gefrieren von Probestücken ausgeführt wird, würde also einer etwa 1- bis 3jährigen Frostwirkung in unserem Klima entsprechen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß jene Prüfungen stets mit nahezu wassersatten Steinen vorgenommen werden, welche durchschnittlich etwa das 20 bis 30fache an Wasser enthalten, als die von den atmosphärischen Nieder-

schlägen durchfeuchteten Gesteine in vorspringenden Architekturteilen von Hochbauten.

Daß aber die Unzulänglichkeit eines 25maligen Gefrierens nicht dadurch ausgeglichen werden kann, daß die Proben in erheblich höherem Grade mit Wasser gesättigt werden, als dies durch die Wirkung der meteorischen Niederschläge jemals erfolgt, geht aus der Theorie der Frostwirkung zur Genüge hervor (s. Kap. 14).

C. Schlußfolgerungen aus der experimentellen Frostprüfung.

344. Nach den vorstehenden Darlegungen vermag die experimentelle Frostprüfung nur in unzulänglicher Weise den Verhältnissen Rechnung zu tragen, unter denen der Frost auf das Gesteinsmaterial unserer Bauwerke einwirkt. Wenn deshalb ein Maßstab für den Frostbeständigkeitsgrad der Gesteine aus jenen Prüfungen nicht ohne weiteres abgeleitet werden kann, so gestatten sie doch unter gewissen Umständen einen wertvollen Schluß auf das Verhalten der Bausteine gegenüber der natürlichen Frostwirkung.

Die hierbei in Betracht kommenden Fälle sind folgende:

1. Tritt nach 25maligem Gefrieren des vollkommen wassersatten Gesteins eine erhebliche Festigkeitsverminderung oder ein Zerspringen desselben ein, so läßt sich mit Sicherheit annehmen, daß das Gestein bei seiner Verwendung zu Wasserbauten sich in noch höherem Grade als frostunbeständig erweisen wird. Nicht ratsam erscheint deshalb auch die Verwendung eines derartigen Gesteins zu Hochbauteilen, die in unmittelbarer Verbindung mit sehr nassem Erdreich stehen (Sockelmauerwerk, Futtermauern usw.), wie anderseits zu solchen, einer starken Durchnässung, namentlich durch Schneewasser, ausgesetzten Architekturteilen (Gesimsen, Kragsteinen, Abdeckplatten usw.). Dagegen ist es nicht ausgeschlossen, daß das Gestein sich im aufgehenden Mauerwerk als frostbeständig bewährt.

2. Zeigt das vollkommen wassergesättigte Gestein nach 25maligem Gefrieren keinerlei Veränderungen, so wird es für die Verwendung im aufgehenden Mauerwerk von Hochbauten als durchaus frostbeständig zu erachten sein. Dagegen bleibt es fraglich, ob das Gestein nicht bei seiner Verwendung in nassem Erdreich oder zu stark exponierten Architekturteilen (s. oben) der Frostwirkung in längeren Zeiträumen erliegt, und noch weniger läßt sich etwas Sicheres über seine Frostbeständigkeit als Wasserbaumaterial sagen.

3. Tritt bei 25maligem Gefrieren des unvollkommen gesättigten Gesteins (durch 2—13stündige Wasserlagerung, s. Abs. 333 u. f.) keinerlei

Veränderung ein, so darf das Material für seine Verwendung im aufgehenden Mauerwerk noch als frostsicher gelten, selbst wenn es bei vollständiger Wassersättigung geringe Frostschäden erleidet. Nicht zu verwenden ist ein derartiges Material dagegen für Gesimse, Kragsteine, Abdeckungsplatten und noch weniger für Sockelmauerwerk und Futtermauern bei nassem Erdreich.

4. Erleidet selbst das unvollkommen gesättigte Gestein nach 25maligem Gefrieren eine Festigkeitsverminderung oder zeigt es Sprünge, so ist das Material nur für den Innenbau brauchbar.

345. So wichtig demnach unter Umständen die sachgemäß durchgeführte, experimentelle Frostprüfung für die Untersuchung der Bausteine sein kann, so bleiben doch zahlreiche Fälle übrig, in denen die Ergebnisse der gedachten Prüfung einen Schluß auf die Frostbeständigkeit der betreffenden Materialien nicht gestatten.

Überdies kommen hierbei immer nur die vehementen Wirkungen des Frostes, wie sie sich durch Spaltenbildung, stärkeres Absanden oder schnell eintretende Festigkeitsverminderung äußern, zur Geltung, während die ganz allmähliche Auflockerung, welche der Frost in vielen Gesteinen im Laufe von Jahrzehnten oder Jahrhunderten bewirkt, bei der experimentellen Prüfung naturgemäß nicht zur Erscheinung gelangen kann.

Es wird daher die Untersuchung der Gesteine auf alle jene Eigenschaften, welche gemäß theoretischer Erwägungen den Grad ihrer Frostwiderstandsfähigkeit bedingen, als eine notwendige Ergänzung der experimentellen Prüfung betrachtet werden müssen.

IV. Teil.

Die Verwitterungs-Agentien und ihr Einfluß auf die natürlichen Bausteine.

Kapitel 15.

Allgemeine Gesichtspunkte für die Erforschung der Verwitterungsursachen.

346. Unsere Kenntnis der Gesteinsverwitterung beruhte bisher vorzugsweise auf dem Studium derjenigen Umwandlungen, welche die Felsgesteine innerhalb geologischer Zeiträume, unter der Einwirkung der Atmosphären, wie der in der Erdrinde zirkulierenden wässerigen Lösungen erfahren haben.

Da alles natürliche Gesteinsmaterial im Laufe der Zeit der Zerstörung anheimfällt, so gibt es für die geologische Betrachtung wetterbeständige Gesteine überhaupt nicht, und es hat sich denn auch die wissenschaftliche Forschung lediglich darauf beschränkt, die Natur des Verwitterungsprozesses, ohne Rücksicht auf dessen Zeitdauer, zu ergründen und die mannigfaltigen stofflichen Veränderungen, welche dieser Prozeß in der Erdrinde hervorruft, festzustellen.

347. Von wesentlich anderen Gesichtspunkten wird das Studium der Gesteinsverwitterung auszugehen haben, wenn es sich darum handelt, eine Grundlage für die bautechnische Gesteinsprüfung zu gewinnen.

Alle jene langsam wirkenden Agentien, welche nur in geologischen Zeiträumen eine mehr oder minder beträchtliche Veränderung der Gesteine hervorzurufen vermögen, wie andererseits alle jene Gesteinseigenschaften, welche erst im Laufe der gedachten Zeiträume die Zerstörung

der Gesteine begünstigen, fallen für die technische Gesteinsprüfung gänzlich außer Betracht, und es erlangen hier nur diejenigen Verwitterungsvorgänge eine Bedeutung, welche erfahrungsgemäß während beschränkter Zeitabschnitte zur Geltung gelangen.

In diesem Sinne kann man denn auch von wetterbeständigen Baugesteinen sprechen, und es werden unter dieser Bezeichnung solche Gesteine zu verstehen sein, welche innerhalb der für Bauwerke gemeinhin in Betracht kommenden Zeiträume keine derartigen Veränderungen durch die Einwirkung natürlicher Agentien erleiden, daß dadurch der Bestand des Bauwerkes, bezw. seiner einzelnen Teile erheblich beeinträchtigt wird.

Somit wird also die Wirkungsweise der Verwitterungsagentien, wie die Widerstandsfähigkeit der Gesteine gegen dieselben, bei bautechnischen Untersuchungen mit wesentlich anderem Maße zu messen sein, als dies für die geologische Forschung geboten erscheint.

348. Berücksichtigt man ferner, daß der Wetterbeständigkeitsgrad der natürlichen Gesteine außerordentlich verschieden ist; daß neben Gesteinen, die schon nach wenigen Jahren der Verwitterung vollständig erliegen, und solchen, welche in Jahrhunderten kaum nennenswerte Veränderungen erfahren, die mannigfachsten Zwischenstufen auftreten, so erscheint es nicht genügend, bei der Gesteinsprüfung zwischen wetterbeständigen und wetterunbeständigen Materialien zu unterscheiden; vielmehr wird es in jedem einzelnen Falle darauf ankommen, den Beständigkeitsgrad des zu prüfenden Gesteins zu bestimmen.

Daraus erwächst aber für die Erforschung des Verwitterungsvorganges an Baugesteinen die weitere Aufgabe, einen Zeitmaßstab für die Wirkung der Verwitterungsagentien, wie andererseits für die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Gesteine gegen dieselben festzustellen.

Die Lehre von der Verwitterung der natürlichen Bausteine zerfällt demnach im großen und ganzen in folgende Abschnitte¹⁾:

1. in die Lehre von den chemischen, bezw. mechanischen Verwitterungsagentien der Luft, der atmosphärischen Niederschläge, der Bodenfeuchtigkeit, des Süß- und Meerwassers, einschließlich der Wirkung des Frostes und der Temperaturschwankungen, mit besonderer Berück-

¹⁾ Unter den Begriff der Verwitterung fallen, dem technischen Sprachgebrauch gemäß, auch diejenigen Veränderungen, welche durch die chemische und mechanische Tätigkeit des Wassers an den zu Wasserbauten verwandten Gesteinsmaterialien hervorgerufen werden.

sichtigung der allgemeinen Wirkungs-Intensität aller dieser gesteinszerstörenden Kräfte;

2. in die Lehre von dem Grade der Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Baugesteine gegen jene Verwitterungsagentien, nach Maßgabe der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung der Gesteine, ihrer Struktur, Festigkeit und ihrer sonstigen physikalischen Eigenschaften.

Kapitel 16.

Die chemische Zusammensetzung der Luft, der meteorischen Niederschläge, des Grundwassers, Fluß- und Meerwassers.

349. Die Träger der bei der Gesteinsverwitterung tätigen chemischen Agentien sind die Luft und das Wasser.

Die atmosphärische Luft, im wesentlichen ein Gemenge von nahezu 21 Vol.-% Sauerstoff und 78 Vol.-% Stickstoff, enthält als beständige Nebenbestandteile in veränderlicher Menge Kohlensäure und Wasserdampf; als gelegentliche Beimengungen Kohlenoxydgas, schweflige Säure, Schwefelwasserstoff, kohlensaures und salpetersaures Ammon, Salpetersäure, Ammoniak, Wasserstoffsperoxyd und Wasserstoff; in der Nähe des Meeres auch einen Gehalt an Chlornatrium¹⁾.

Der Gehalt an Kohlensäure beträgt im Mittel 3,34 Vol. auf 10000 Vol. Luft und schwankt von 3,16 bis 4,5 Vol.

Nach zahlreich ausgeführten Analysen beträgt der Kohlensäuregehalt in 10000 Vol.-Th. der Luft:

| | | |
|-----------------------------|---------------|----------|
| in Berlin | 3,9 bis 4,5 | Vol.-Th. |
| „ Paris im Mittel | 3,168 | „ |
| „ Liège „ | 3,353 | „ |
| „ Cambridge „ | 3,37 | „ |
| „ Boston „ | 3,85 | „ |
| „ Manchester „ | 4,42 | „ |
| „ Washington „ | 3,87 bis 4,48 | „ |

¹⁾ Die in der Atmosphäre überdies enthaltenen Bestandteile wie Argon, 0,94 Vol.-%, nebst äußerst geringen Mengen von Helium, Neon, Krypton und Xenon kommen, nach unserer bisherigen Kenntnis, für die Gesteinsverwitterung nicht in Betracht.

Nach anderen Beobachtungen¹⁾ findet sich durchschnittlich in 1 cbm Luft folgender Gehalt an CO₂, in Bruchteilen eines Liters ausgedrückt:

| | | | |
|------------------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| für Rostock | 0,292 l | für Palermo: | |
| „ Weende-Göttingen | 0,320 „ | zur Regenzeit | 0,330 l |
| „ Montsouris | 0,297 „ | bei trockenem Wetter | 0,390 „ |
| „ Gembloux | 0,260 „ | „ Paris: | |
| „ Dahme | 0,292 „ | bei Tage | 0,289 „ |
| „ die Irischen Seen | 0,308 „ | „ Nacht | 0,308 „ |
| „ den Atlantischen Ozean | 0,295 „ | „ Nebel | 0,317 „ |
| „ Dieppe | 0,298 „ | „ Gembloux (Belgien): | |
| „ Budapest | 0,387 „ | bei klarem Himmel | 0,288 „ |
| „ Madrid | 0,516 „ | „ bedecktem Himmel | 0,292 „ |
| „ London: | | „ stürmischem Wetter | 0,288 „ |
| auf der Themse | 0,343 „ | „ regnerischem „ | 0,293 „ |
| in den Parks | 0,301 „ | „ nebligem „ | 0,313 „ |
| in den Straßen | 0,308 „ | „ Schneewetter | 0,310 „ |
| bei Nebel | 0,720 „ | | |

In sumpfigen und morastigen Gegenden steigt der Gehalt an CO₂ nicht selten auf 0,8 l in 1 cbm Luft.

350. Der Ammoniakgehalt der atmosphärischen Luft schwankt zwischen 0,0004 und 0,476 Gew.-Tl. NH₃ in 10000 Gew.-Tl. Luft.

So wurde in 1 cbm Luft folgender Ammoniakgehalt (als Nitrat, Nitrit und namentlich als Karbonat) in Milligrammen gefunden²⁾:

| | | | |
|---------------------------------|----------|-------------------------------|----------|
| für Mühlhausen: | | für Paris | 0,032 mg |
| an 4 Regentagen | 0,425 mg | „ Lyon | 0,425 „ |
| „ Wiesbaden: | | „ Caluire bei Lyon | 0,132 „ |
| am Tage | 0,126 „ | „ Clermont-Ferrand | 1,860 „ |
| in der Nacht | 0,218 „ | auf dem Puy de Dôme | 1,120 „ |
| „ Burton | 4,190 „ | für Montsouris | 0,030 „ |
| „ Umgegend von Burton | 2,780 „ | „ Boston | 1,550 „ |
| a. d. Irischen Küste | 4,640 „ | „ Caën | 4,515 „ |
| für Budapest | 0,039 „ | | |

351. Nach Smith findet sich in der Luft von London, Liverpool und Manchester folgender von Rauchgasen herrührender Gehalt an Säuren:

| In 10000 Gew.Tl. Luft | Schwefelsäure | Salzsäure | Salpetersäure |
|-----------------------|---------------|-----------|---------------|
| London | 0,2049 | 0,0125 | 0,0084 |
| Liverpool | 0,3959 | 0,1016 | 0,0058 |
| Manchester | 0,4166 | 0,0579 | 0,0059 |

¹⁾ Zusammenstellung der Untersuchungen verschiedener Autoren in van Bebbler, Hygienische Meteorologie. Stuttgart 1895. S. 41.

²⁾ Ebendasselbst S. 42.

Durchschnittlich enthält die Londoner Luft in 1000 cbm 1,67 g Schwefelsäure, die Luft in Manchester sogar 2,518 g, während in kleinen Städten und Dörfern Englands dieser Gehalt oft nur 0,47 g beträgt¹⁾.

352. Sämtliche Bestandteile der Luft finden sich im Regenwasser, Tau und Schnee wieder.

Nach Bunsen²⁾ vermag 1 Vol. Wasser bei 760 mm Druck zu absorbieren:

| | bei 10° | bei 15° | bei 20° |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| Vol. Sauerstoff | 0,03250 = 1 | 0,02989 = 1 | 0,02838 = 1 |
| „ Stickstoff | 0,01607 = 0,50 | 0,01478 = 0,49 | 0,01403 = 0,49 |
| „ Kohlensäure | 1,1847 = 36,4 | 1,0020 = 33,5 | 0,9014 = 31,8. |

In Übereinstimmung mit diesen Löslichkeitsverhältnissen der betreffenden Gase in Wasser fand Baumert³⁾ in der vom Regenwasser absorbierten Luft (aufgefangen nach mehrstündigem Regen bei 11,4° C):

33,76 Vol. Sauerstoff, 64,47 Vol. Stickstoff und 1,77 Vol. Kohlensäure, also auf 1 Vol. Kohlensäure 19 Vol. Sauerstoff, während in der atmosphärischen Luft auf 1 Vol. Kohlensäure im Mittel 628 Vol. Sauerstoff kommen. In der vom Regenwasser absorbierten Luft ist also 33mal so viel Kohlensäure und etwa doppelt so viel Sauerstoff wie in der atmosphärischen Luft enthalten.

353. Außerdem enthält das Regenwasser die in der Luft in geringer Menge vorhandenen Substanzen, namentlich Schwefelsäure, Salpetersäure und Ammoniaksalze. So wurde der Gehalt an Schwefelsäure im Regenwasser des französischen Fabrikortes Dorignies zu 0,0564 g SO₃ in 1 l Wasser gefunden. In der Umgegend von Douai enthielt der Regen, wenn der Wind vom flachen Lande wehte, keine Schwefelsäure; strich der Wind dagegen über die Stadt mit ihren zahlreichen Kaminen, so fand sich ein Gehalt von 0,0191 g SO₃ in 1 l Regenwasser⁴⁾.

Nach eingehenden Untersuchungen enthielten die atmosphärischen Niederschläge in der Stadt Erlangen vom 1. Juni 1875 bis 1. Juni 1880, berechnet auf diejenige Niederschlagsmenge, welche auf 1 □-Fuß horizontaler Fläche gefallen waren, 0,6544 g SO₃⁵⁾.

¹⁾ Amtlicher Bericht der Wiener Weltausstellung Bd. III, Abt. 1, erste Hälfte, S. 495 bis 550.

²⁾ Ann. d. Chem. u. Pharmac. **93** 1855, S. 20.

³⁾ Ibid. **88** 1855, S. 17.

⁴⁾ Aus: v. Schröder u. Reuß, Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch. Berlin 1883. S. 285.

⁵⁾ Hilger u. Schütze, Landwirtsch. Jahrbücher v. Thiel 1886, S. 437.

Göppelsröder¹⁾ fand im Regenwasser von Basel in 100000 Tl. im Maximum: 1,36 Tl. Salpetersäure und 2,01 Tl. Ammoniumnitrat. An der englischen Küste wurde der Chlorgehalt des Regenwassers im Mittel zu 0,22 Tl. auf 100000 Tl. bestimmt; bei starkem Seewinde stieg dieser Gehalt auf 21,80 Tl. = 35,91 Tl. Chlornatrium.

Von 77 Regenwasser-Rückständen, welche Liebig analysierte, enthielten 17, die durch Verdampfung von Gewitterregen erhalten worden waren, mehr oder weniger Salpetersäure, teils an Kalk, teils an Ammoniak gebunden. Unter den 60 anderen Rückständen zeigten nur 2 Spuren von Salpetersäure. Es wird hierdurch die Ansicht unterstützt, daß der Salpetersäuregehalt der Luft im wesentlichen den elektrischen Vorgängen in der Atmosphäre seine Entstehung verdankt.

354. Die folgenden Zusammenstellungen mögen einen weiteren Anhalt für den schwankenden Gehalt des Regenwassers an Ammoniak bezw. an Salpetersäure gewähren²⁾:

1 cbm Regenwasser enthielt an Ammoniak (als Nitrat, Nitrit und namentlich Karbonat):

| | | | |
|------------------------|----------------|------------------------|-----------------|
| zu Dahme | 1,4 g | zu Nantes | 1,9 g |
| „ Regenwalde | 2,6 „ (Mittel) | „ Ecole de Grand Juan | 2,1 „ |
| „ Florenz | 1,4 „ | „ Montsouris | 1,94 „ (Mittel) |
| „ Marseille | 3,2 „ | „ Glasgow | 9,06 „ |
| „ Lyon | 4,4 „ | „ Rothamsted | 1,4 „ |
| „ Toulouse | 4,6 „ | „ Caracas | 1,55 „ |
| „ Paris | 3,5 „ (Mittel) | | |

d. h. im Mittel = 3,004 g.

Ferner ergab die Untersuchung in 1 cbm Regenwasser folgenden Gehalt an Salpetersäure:

| | | | |
|----------------------------|--------|-------------------------|-----------------|
| zu Dahme | 1,33 g | zu Proskau | 6,18 g |
| „ Regenwalde | 2,87 „ | „ Paris | 1,25 „ (Mittel) |
| „ Eldena | 2,99 „ | „ Nantes | 8,90 „ (Mittel) |
| „ Insterburg | 1,72 „ | „ Lauersfort | 1,01 „ |
| „ Kutschen, O.-Pr. | 0,72 „ | i. d. Vogesen | 6,20 „ |
| „ Marienhütte | 0,85 „ | | |

d. h. im Mittel = 3,01 g.

Ebenso wie der Kohlensäuregehalt im Regenwasser beträchtlich größer ist, als in gleichen Raumteilen der atmosphärischen Luft (s. Abs. 352), findet auch eine beträchtliche Anreicherung an Ammoniak bezw. Salpeter-

¹⁾ Jahrbuch der Chemie 1871, S. 204 u. 1222.

²⁾ Aus: van Bebbber, Hygienische Meteorologie. Stuttgart 1895. S. 42 u. 44.

säure im Regenwasser statt. Nach der Zusammenstellung in Abs. 350 beträgt der Ammoniakgehalt durchschnittlich in 1 cbm Luft 1,472 mg, im Regenwasser dagegen 3,004 g, d. h. also das 2040fache.

355. Eine noch größere Absorptionsfähigkeit als das Regenwasser besitzt der Schnee gegenüber den Beimengungen der atmosphärischen Luft an Schwefelsäure, Salpetersäure und Ammoniak.

Die von R. Sendtner ausgeführten Untersuchungen ergaben folgenden Gehalt an schwefliger Säure bzw. Schwefelsäure im Schnee Münchens¹⁾:

Es enthielten:

- | | | |
|------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------|
| 1. 1 kg Schnee vom Hof des Hygienischen Instituts in München | } | 32 mg SO ₃ = 25,6 mg SO ₂ |
| 2. 1 kg Schnee vom südlichen alten Friedhofe ebendasselbst | } | 25 mg SO ₃ = 20,2 mg SO ₂ |
| 3. 1 kg Schnee vom Hofe der Gasfabrik ebendasselbst | } | 60 mg SO ₃ = 48,0 mg SO ₂ . |

In verhältnismäßig kurzer Zeit wird die schweflige Säure, welche der Schnee absorbiert, zu Schwefelsäure oxydiert.

Sendtner fand, daß der Schnee am ersten Tage des Niederfallens nahezu gleiche Mengen von SO₂ und SO₃ enthielt, während schon nach 2 Tagen die Umwandlung in SO₃ nahezu vollständig war.

Dabei wurde ferner konstatiert, daß die Schneedecke fortdauernd sehr bedeutende Mengen von SO₃ absorbiert. Beobachtungen, welche hierüber im Winter 1886 ausgeführt wurden, ergaben folgende Resultate:

Der Gehalt des Schnees an SO₃ betrug:

| | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| am 10. Februar 32,80 mg pro kg | am 18. Februar 61,11 mg pro kg |
| „ 12. „ 40,60 „ „ „ | „ 20. „ 61,05 „ „ „ |
| „ 14. „ 48,40 „ „ „ | „ 22. „ 91,50 „ „ „ |
| „ 16. „ 62,20 „ „ „ | |

Wenn es auch zweifellos ist, daß der liegende Schnee fortdauernd SO₂ bzw. SO₃ aus der Luft aufnimmt, so dürfte die außerordentliche Zunahme an Säure, wie sie die vorstehende Untersuchung ergab, doch vorzugsweise auf eine Anreicherung infolge des allmählichen Schmelzens des Schnees und der Verdunstung des Schneewassers zurück-

¹⁾ R. Sendtner, Schweflige Säure und Schwefelsäure im Schnee. Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1887, II, S. 67 u. f.

zuführen sein. Die Angaben Sendtners, daß hart gefrorener Schnee stets geringere Mengen von SO_3 enthalte als weicher Schnee, und ferner, daß im Monat März, wo die Mittagssonne den Schnee täglich zum Schmelzen brachte, höhere Zahlen als im Februar gefunden wurden, dürften die vorgedachte Annahme unterstützen.

356. Außer Schwefelsäure enthält der Schnee wechselnde Mengen von Kohlensäure, Ammoniak und Salpetersäure bzw. salpetriger Säure.

Marchand fand in 1 l Schneewasser 1,74 mg doppeltkohlensaures Ammon und 1,89 mg salpetersaures Ammon; Göppelsröder berichtet, daß der Gehalt an Salpetersäure in den von ihm untersuchten Schneewässern zwischen 2,0 bis 7,0 mg pro kg schwankt¹⁾.

Während der Gehalt des Regenwassers an Kohlensäure durch Baumhauer zu 4,2 bis 9,1 Vol.-%^{0/100} bestimmt wurde, fand Fugger im Schnee 5,59 bis 9,304 Vol.-%^{0/100} Kohlensäure.

356. Dringt das Regen- bzw. Schneewasser in den Erdboden ein, so nimmt es weitere, teils gasige, teils feste Substanzen auf.

Die in den oberen Erdschichten befindliche Luft enthält eine beträchtlich größere Menge von Kohlensäure als die Atmosphäre. Pettenkofer fand in der Grundluft von München bis zu 4 m Tiefe im Maximum 183,3 Teile Kohlensäure auf 10000 Teile Luft.

Nach Boussingault und Levy²⁾ enthält die Grundluft aus wenig humusreichem Boden mindestens 25 mal, aus humusreichem Boden 90 mal mehr Kohlensäure als die atmosphärische Luft.

Das in die Erde eindringende Wasser findet hier also Gelegenheit, eine vielfach größere Menge Kohlensäure aufzunehmen, als im Regenwasser vorhanden ist; daneben aber auch humussaure Verbindungen und Ammoniums Salze, wie sie aus dem Fäulnisprozeß der in den oberflächlichen Schichten enthaltenen Vegetabilien hervorgehen.

Bei einer derartigen Zusammensetzung vermag das Bodenwasser viel energischer, namentlich auf die kalkhaltigen Gesteine, lösend und zersetzend einzuwirken, als das Regenwasser an sich, und es erklärt sich hieraus zum Teil die schnellere Verwitterung gewisser Gesteine bei ihrer Verwendung zu Erdbauten.

Über den Gehalt des Wassers an organischen Stoffen geben die Analysen, welche die „Rivers Pollution Commission“ von Wasserproben aus Flachbrunnen verschiedener Bodenarten ausgeführt hat, einen Anhalt³⁾.

¹⁾ Zeitschr. f. analyt. Chemie 1870, IX, S. 178.

²⁾ Comptes rend. 35 1852, S. 35.

³⁾ Aus: Fischer, Chemische Technologie des Wassers, S. 93.

1 Liter Wasser enthält in Milligrammen:

| Flachbrunnen im | Orga- nischer Kohlen- stoff | Orga- nischer Stick- stoff | Ammoniak | Stickstoff als Nitrat bezw. Nitrit | Gesamt- stickstoff | Gesamt- rückstand |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------|------------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Gneis von Kendahl . . | 3,62 | 1,10 | 6,25 | 24,65 | 30,90 | 1 002,0 |
| Silur von Alford . . . | 0,48 | 0,07 | 0 | 0,33 | 0,40 | 168,0 |
| Devon von Arbroath . . | 1,68 | 0,64 | 0 | 41,97 | 42,61 | 1 052,0 |
| „ „ Inverness . . | 1,39 | 0,06 | 0 | 0,33 | 0,39 | 156,0 |
| Carbon von Ogle Hay . | 1,39 | 0,20 | 1,70 | 101,02 | 102,62 | 1 207,0 |
| „ „ Durham . . | 1,24 | 0,45 | 0 | 62,68 | 63,13 | 1 137,2 |
| „ „ Sheffield . . | 12,00 | 1,26 | 1,10 | 0 | 2,17 | 185,0 |
| Dolomit von Darlington. | 1,26 | 0,54 | 0,02 | 18,12 | 18,68 | 724,8 |
| Sandstein v. Birmingham | 3,40 | 1,05 | 6,20 | 147,17 | 153,33 | 2 402,0 |
| „ „ Newent . . | 2,93 | 2,36 | 0 | 113,94 | 116,30 | 2 321,2 |
| „ „ Newark . . | 1,31 | 0,42 | 0 | 0,88 | 1,30 | 578,2 |
| Lias von Hillmorton . . | 11,44 | 2,16 | 0,60 | 198,58 | 201,23 | 3 068,5 |
| „ „ Somreton . . | 8,04 | 1,43 | 0,05 | 94,49 | 95,96 | 1 992,0 |
| „ „ Bitteswell . . | 2,05 | 0,33 | 0 | 0 | 0,33 | 1 208,0 |
| Oolith von Thame . . | 7,59 | 2,83 | 0,06 | 122,20 | 125,08 | 2 696,0 |
| „ „ Warkton . . | 4,48 | 0,56 | 0,05 | 1,78 | 2,38 | 490,0 |
| Grünsand und Wealden- ton von Pepper Harrow | 0,14 | 0,12 | 0,01 | 67,22 | 67,35 | 714,0 |
| desgl. von Cambridge . | 0,79 | 0,27 | 0,74 | 0 | 0,88 | 859,6 |
| Kreidekalk von Deal . . | 2,41 | 0,34 | 17,00 | 63,45 | 77,79 | 1 460,0 |
| „ v. Marlborough | 0,49 | 0,15 | 0 | 6,13 | 6,28 | 324,8 |
| Londonton von London | 2,78 | 0,87 | 0 | 258,40 | 259,27 | 3 965,0 |
| „ „ „ | 2,87 | 0,76 | 26,50 | 54,31 | 76,89 | 1 528,0 |
| „ „ „ | 0,45 | 0,15 | 0,01 | 0 | 0,16 | 377,0 |
| Alluvium von Whittlesey | 9,31 | 9,40 | 30,50 | 108,48 | 143,00 | 2 502,0 |
| „ „ Windsor | 0,15 | 0,10 | 0,01 | 0,63 | 0,74 | 300,8 |

Neben den organischen Bestandteilen nimmt das Erdwasser aber auch jene anorganischen Verbindungen auf, welche aus der Verwitterung der oberen Gesteinslagen resultieren, insbesondere die Karbonate der Alkalien, des Kalks und der Magnesia, wie des Eisens und in geringerer Menge auch Kieselsäure.

358. Da bei der Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Gesteinen, welche zu Wasserbauten Verwendung finden sollen, auch die chemischen Wirkungen der in den Gewässern gelösten Stoffe in Betracht zu ziehen sind, so mag hier eine Übersicht über die Zusammensetzung des Wassers einiger der größeren Ströme sowie der Ostsee und Nordsee gegeben werden.

| In 10000 Teilen Wasser | Spree b. Berlin vor Ein- tritt in die Stadt | Spree bei Charlot- tenburg und Spandau | Weichsel bei Culm im März 1853 | Elbe bei Hamburg im Juni 1852 | Rhein bei Basel im Herbst | Rhein bei Straß- burg |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| | 1) | 2) | 3) | 4) | 5) | 6) |
| Kalzium-Karbonat | 0,898 | 0,977 | 1,194 | 0,698 | 1,2792 | 1,356 |
| Magnesium- Karbonat . . . | 0,095 | 0,128 | 0,190 | 0,039 | 0,1351 | 0,050 |
| Kalzium- Magnesium- } Sul- Natrium- } fat { | 0,031 | 0,070 | 0,103 | } 0,072 | 0,1214 | 0,147 |
| | — | — | 0,120 | | 0,0393 | — |
| Kalium- Natrium- } { | 0,110 | 0,101 | — | — | 0,0184 | 0,135 |
| Kalium- Natrium- } Chlo- Kalium- } rid { | 0,073 | 0,106 | — | — | — | — |
| Magnesium- } { | 0,258 | 0,342 | 0,070 | } 0,394 | } 0,0149 | 0,020 |
| | — | — | 0,013 | | | — |
| Kieselsäure . . . | 0,060 | 0,082 | 0,080 | 0,054 | 0,0208 | 0,488 |
| Kalzium-Silikat . | — | — | — | — | — | — |
| Eisen-Karbonat . | — | — | — | — | — | — |
| Eisenoxyd . . . { | 0,003 | 0,011 | 0,011 | 0,012 | Spur | 0,058 |
| Tonerde { | | | | | Spur | 0,025 |
| Nitrate | 0,044 | 0,034 | — | — | — | 0,038 |
| | Ammoni- umnitrat | — | — | — | — | Kali- nitrat |
| Ammonium- Karbonat . . . | 0,028 | 0,073 | — | — | — | — |
| Phosphorsäure . | — | — | — | — | — | — |
| Organische Substanz . . . | 0,096 | 0,148 | 0,224 | — | 0,0327 | — |
| Summe | 1,696 | 2,072 | 2,005 | 1,269 | 1,6618 | 2,317 |
| Schwebende Bestandteile . . | — | — | 0,582 | — | — | — |

359. Wie die vorstehenden Analysen erkennen lassen, überwiegt in fast allen Flüssen das Kalzium- bzw. Magnesiumkarbonat unter den gelösten Bestandteilen; es folgen dann Kalziumsulfat, Chlornatrium und

1) 2) Finkener in dem Werke von Veitmeyer: Vorarbeiten zu einer zukünftigen Wasserversorgung der Stadt Berlin, 1871, S. 347 u. 349. 3) 4) G. Bischof, Chem. Geologie, I, S. 275. 5) Pagenstecher in Bischof, Wärmelehre des Inneren unseres Erdkörpers, 1837, S. 124. 6) Deville, Ann. chim. phys. (3) 23

| Rhein b. Bonn März 1852 Niedriger Wasser- stand 7) | Rhein bei Köln Oberhalb der Stadt Okt. 1870 Niedriger Wasser- stand 8) | Rhein bei Köln Oberhalb der Stadt Nov. 1870 Hoher Wasser- stand 9) | Rhein bei Köln Unterhalb der Stadt Okt. 1870 Niedriger Wasser- stand 10) | Rhein bei Köln Unterhalb der Stadt Nov. 1870 Hoher Wasser- stand 11) | Main b. Offen- bach Oberhalb der Stadt 12) | Main b. Offen- bach Unterhalb der Stadt 13) | Donau bei Wien Aug. 1852 14) |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 0,946 | 1,0937 | 0,5237 | 1,2344 | 1,0868 | 0,7546 | 0,7673 | 0,837 |
| 0,065 | 0,4313 | 0,0907 | 0,4313 | 0,4338 | 0,4809 | 0,5137 | 0,150 |
| 0,238 | 0,3326 | 0,1576 | 0,3910 | 0,3918 | 0,8296 | 0,9153 | 0,029 |
| 0,181 | — | — | — | — | — | — | 0,137 |
| 0,016 | — | — | — | — | 0,0387 | Spur | } 0,020 |
| — | — | — | — | — | — | — | |
| 0,145 | 0,0407 | 0,1628 | 0,1425 | 0,1425 | 0,0692 | 0,2004 | — |
| — | Spur | Spur | 0,0006 | Spur | Spur | Spur | Spur |
| — | — | — | — | — | 0,0891 | 0,0544 | — |
| 0,089 | 0,0040 | 0,0020 | 0,0041 | 0,0021 | 0,0440 | 0,0550 | 0,049 |
| — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | 0,0079 | 0,0075 | — |
| 0,028 | 0,0012 | 0,0012 | Spur | 0,0012 | — | — | 0,020 |
| — | 0,0010 | 0,0008 | — | 0,0010 | 0,0042 | 0,0057 | — |
| — | Spur | Spur | Spur | Spur | Spur | Spur | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | 0,0061 | Spur | 0,0088 | Spur | Spur | Spur | — |
| — | 0,5198 | 0,6399 | 0,0055 | 0,5180 | 0,0800 | 0,1200 | — |
| 1,708 | 2,4304 | 1,5787 | 2,2182 | — | 2,3982 | 2,6393 | 1,242 |
| — | 0,4222 | 1,4974 | 0,3829 | 1,1666 | — | — | — |

Kieselsäure. Diese Stoffe sind in allen Flüssen vorhanden, während die übrigen in den Analysen aufgeführten Verbindungen in einzelnen Flußwässern gänzlich fehlen. Wo die Flüsse durch gipshaltige Erdschichten

1848, S. 42. 7) G. Bischof, Chem. Geologie, I, S. 271. 8) 9) 10) 11) Vohl, Dingl. Polytechn. Journ. 199 1871, S. 316. 12) 13) Merz in Wills Jahresber. d. Chemie 1866, S. 987. 14) G. Bischof, Chem. Geologie, I, S. 271.

fließen, übersteigt der Gehalt an Kalziumsulfat mitunter die Menge des Kalziumkarbonats, wie das z. B. im Mainwasser der Fall ist. Ferner enthält das Flußwasser mehr oder weniger namhafte Mengen organischer Bestandteile, sowie absorbierter Gase, insbesondere Kohlensäure und sauerstoffreiche Luft.

Annähernd dieselbe Beschaffenheit zeigt das Wasser der größeren Landseen. Dagegen kann das Wasser in der Nähe von Fabrikorten, von Salinen und dergl. gewerblichen Anlagen einen Zufluß von anderweitigen, chemisch wirksamen Bestandteilen erhalten, worauf bei der Beurteilung von Gesteinen, welche zu Wasserbauten an solchen Orten Verwendung finden sollen, Rücksicht zu nehmen ist.

360. Über die im Meereswasser gelösten Bestandteile geben die folgenden Analysen Aufschluß:

a) Sund und Ostsee.

| 1000 Teile Wasser enthalten: | Sund bei Lands- krona | Sund west- lich von Malmö | Ostsee bei Karls- krona | Zwi- schen Öland und Goth- land | Bei Wes- ter- wyk | Zwi- schen Esth- land und Moon | Riga- scher Meer- busen | Bucht von Hap- sal | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|
| | 1) | 2) | 3) | 4) | 5) | 6) | 7) | 8) | | | |
| Natrium- Chlorid | 15,668 | 14,597 | 8,695 | 5,5819 | 6,178 | 5,1488 | 4,4643 | 4,3771 | | | |
| Kalium- Magnesium- Bromnatrium | | | 0,111 | 0,1311 | | 0,0736 | 0,0822 | 0,0767 | 0,0767 | | |
| | | | 1,192 | 1,115 | | 1,414 | 0,6990 | 0,719 | 0,6504 | 0,5011 | |
| | — | — | — | 0,0114 | — | Spur | s. NaCl | 0,0316 | | | |
| | | | | MgBr ₂ | | | | | | | |
| Kalzium- Magnesium- Sulfat | 1,708 | 0,694 | 0,624 | 0,3876 | 0,304 | 0,2772 | 0,3509 | 0,2806 | | | |
| | | | 0,299 | 0,953 | 0,183 | 0,3794 | 0,456 | 0,3496 | 0,2394 | | |
| Kalzium- Magnesium- Eisen- Kieselsäure Organische Substanzen | — | — | — | 0,0169 | — | 0,0487 | 0,0473 | 0,0294 | | | |
| | | | | — | — | — | — | 0,0991 | 0,0738 | 0,0403 | |
| | | | | — | — | — | 0,0012 | — | Spur | 0,0067 | Spur |
| | | | | — | — | — | 0,0023 | — | 0,0179 | 0,0211 | 0,0005 |
| | | | | — | — | — | — | — | Spur | Spur | Spur |
| Summa | 18,867 | 17,359 | 11,027 | 7,2108 | 7,657 | 6,6653 | 5,7868 | 5,8787 | | | |
| Abdampfungsrück- stand bei 100° C. | 20,430 | 17,840 | 12,390 | — | 8,358 | — | — | — | | | |

1) bis 8) Struve, Acad. St. Petersburg 4 1861, S. 130. 4) Schmidt, Ebendasselbst 24 1877, S. 231. 5) Struve, Ebendasselbst 4 1861, S. 130. 6) Sass, Journal f. pr. Chemie 98 1866, S. 251. 7) 8) Göbel, Bull. Acad. St. Petersburg 4 1862, S. 131.

b) Nordsee und Kanal.

| In 1000 Tl. Wasser ist enthalten: | Nahe bei Helgo- land | Küste von Helgo- land | Kanal bei Havre | Kanal bei Brighton | St. Georgs- Kanal | Irische See |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| | 1) | 2) | 3) | 4) | 5) | 6) |
| Natrium- Kalium- Magnesium- Magnesium- Natrium- Kalzium- Magnesium- Kalzium- Magnesium- Eisen- Natriumsilikat | } Chlorid . { 0,59 3,61 | } Bromid . { — — | } Sulfat . . { 4,01 0,30 | } Karbonat { Spur — — | } — { — — — | } — { — — — |
| | | | | | | |
| | 0,59 | 1,01 | 0,079 | 0,766 | 1,35 | 0,746 |
| | 3,61 | 2,77 | 2,854 | 3,667 | 2,42 | 3,151 |
| | — | — | 0,030 | 0,029 | Spur | 0,071 |
| | — | — | 0,103 | — | — | — |
| | 4,01 | 1,18 | 1,210 | 1,407 | 1,20 | 1,332 |
| | 0,30 | 1,99 | 2,528 | 2,296 | 2,06 | 2,066 |
| | — | — | 0,132 | 0,033 | Spur | 0,047 |
| | Spur | — | Spur | Spur | Spur | 0,005 |
| | — | — | — | — | — | — |
| | — | — | 0,017 | — | Spur | — |
| | Spuren von Phosphor- säure, Ammoniak, Borsäure | | | Spuren von Jod und Ammoniak | Spuren von Jod, Phos- phorsäure, Magnesium- karbonat | 0,0004 Chlor- ammonium 0,0021 Mag- nesiumnitrat |
| | 37,09 | 30,53 | 32,657 | 35,257 | 31,87 | 33,857 |

361. Während im Flußwasser Kalzium- und Magnesiumkarbonat alle übrigen gelösten Bestandteile an Menge übertreffen, treten im Meerwasser die kohlen-sauren Verbindungen gegenüber den sonstigen Bestandteilen zurück, und es herrschen hier die Chloride von Natrium, Kalium und Magnesium vor, deren Gehalt im Nordseewasser bis über 3% steigt. Auch der Gehalt an Kalzium- und Magnesium-Sulfat ist höher als im Flußwasser.

Überdies findet sich ein Gehalt an freier Kohlensäure im Meerwasser. Nach A. Hayes⁷⁾ beträgt derselbe im Wasser der Oberfläche durchschnittlich 0,2 Vol.-%, in Tiefen von 350 bis 2000 Pariser Fuß sogar 0,4 bis 1,85 Vol.-%.

1) bis 6) Literatur-Nachweis siehe nebenstehende Seite, Fußnote.

7) Ann. de chim. et de phys. 1844. VIII, S. 425. Die Bestimmungen sind in der Südsee, im Golf von Bengalen, im Indischen und Atlantischen Ozean ausgeführt worden.

Die bedeutsame Wirkung, welche die Meeressalze auf die Bestandteile gewisser Gesteine auszuüben vermögen, soll im nächsten Kapitel dargelegt werden (s. Abs. 389 bis 394).

Kapitel 17.

Die Wirkung des Wassers auf die Bestandteile der natürlichen Gesteine.

362. Die Veränderung, welche ein Gestein unter der Einwirkung des Wassers erleidet, kann eine dreifache sein; sie kann bestehen:

- a) in einfacher Auflösung,
- b) in chemischer Veränderung,
- c) in mechanischer Erweichung bezw. damit zusammenhängender

Vergrößerung seines Volumens.

a) Die Löslichkeit der gesteinsbildenden Mineralien im Wasser.

In seinem Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie (I, 215) sagt Bischof: „Ein Mineral, welches weder Sauerstoff, noch Kohlensäure, noch Wasser aufnehmen kann, sollte wie es scheint, eine ewige Dauer haben. Diesem widerspricht aber die tägliche Erfahrung. Wo die Atmosphärlinien nicht mehr zersetzend wirken, da wirken sie (Wasser und Kohlensäure) auflösend.“

In der Tat sind alle gesteinsbildenden Mineralien in kohlenstoffhaltigem Wasser bis zu einem gewissen Grade löslich. Zu den widerstandsfähigsten Mineralien gegen Lösungsmittel gehören bekanntlich die Silikate. Aber auch für diese ist, in fein gepulvertem Zustande, ein geringer Löslichkeitsgrad in kohlenstoffhaltigem Wasser nachzuweisen, namentlich für Feldspat, Glimmer, Augit, Hypersthen, Hornblende, Olivin, Chlorit, Talk, Leuzit, Nephelin, für sämtliche Zeolithe, sowie auch für amorphe Kieselsäure.

Innerhalb geologischer Zeiträume können sich aus solchen geringfügigen Einwirkungen sehr bedeutende Effekte ergeben. Gegenüber den anderweitigen Veränderungen, welche die Silikatgesteine im Verbands eines Bauwerks innerhalb der hier in Betracht kommenden Zeitabschnitte

erleiden können, ist aber derartigen unbedeutenden Löslichkeitsgraden eine erhebliche Bedeutung nicht beizumessen.

363. Neben den Silikaten gewinnen jedoch bekanntlich auch andere Mineralverbindungen, wie namentlich Kalzium-, Magnesium-, Eisen- und Mangan-Karbonat, sowie schwefelsaurer Kalk eine zum Teil hervorragende Bedeutung für die Gesteinsbildung, und diese Verbindungen sind in nicht unerheblichem Maße in meteorischem Wasser löslich.

Löslichkeit des kohlensauren Kalkes. Nach Fresenius¹⁾ vermögen 10600 Tl. kaltes Wasser 1 Tl. kohlensauren Kalk zu lösen. Andere Forscher haben jedoch eine beträchtlich geringere Löslichkeit festgestellt. Nach Graham, Miller und Hofmann²⁾ lösen 10000 Tl. Wasser nur 0,343 Tl. kohlensauren Kalk; nach Bineau³⁾ 0,16 bis 0,2 Tl., nach Cruse⁴⁾ 0,36 Tl., nach Peligot⁵⁾ 0,2 Tl., nach Schlössing⁶⁾ 0,13 Tl. Als Durchschnittsresultat ergibt sich hiernach, daß 10000 Gw.-Tl. kaltes Wasser 0,316 Gw.-Tl. kohlensauren Kalk lösen.

In kohlensäurehaltigem Wasser ist aber die Löslichkeit des Kalkes, infolge der Bildung von Kalziumbikarbonat, eine beträchtlich größere.

Bei 15° C und gewöhnlichem Druck vermag das Wasser 1 Vol., d. h. $\frac{1}{500}$ Gw.-Tl. Kohlensäure aufzunehmen.

Nach Lassaigne, Schlössing und Hunt lösen 10000 Tl. eines derartig mit Kohlensäure gesättigten Wassers ca. 10 Tl. Kalziumkarbonat, das ist etwa 31mal so viel wie in gewöhnlichem Wasser.

Das Regenwasser enthält im Durchschnitt etwa $\frac{3}{10000}$ Vol. Kohlen- säure, also eine zu geringe Menge, als daß dadurch eine erhebliche Steigerung seiner Lösungsfähigkeit gegenüber dem kohlensauren Kalk bewirkt werden könnte. Bleibt aber das Wasser längere Zeit mit der Luft in Berührung, so nimmt es recht beträchtliche Mengen von Kohlen- säure auf. Hieraus erklärt es sich z. B., daß Marmorbildwerke, welche in größeren und schattigen Parkanlagen aufgestellt sind, infolge der feuchten und kohlensäurereichen Luft, verhältnismäßig rasch an der Oberfläche corrodirt werden (s. a. Abs. 356).

¹⁾ Ann. Chem. Pharm. **49** 1846, S. 117.

²⁾ Quart. J. chem. Soc. London **4** 1852, S. 381.

³⁾ Ann. chim. phys. (2) **51** 1857, S. 292.

⁴⁾ Weltzien, Chem. Pharm. **136** 1865, S. 166.

⁵⁾ Mem. soc. d'Agriculture 1866.

⁶⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. **2** 1869, S. 697.

Ein Gehalt an Chlormagnesium in kohlensäurehaltigem Wasser erhöht die Löslichkeit des Kalkes und verhindert die Ausscheidung desselben, selbst beim Erwärmen der Lösung. In gleicher Weise wird die Löslichkeit erhöht durch Zusatz von Natrium- und Magnesiumsulfat. Da Chlormagnesium und Magnesiumsulfat in beträchtlicher Menge im Meerwasser vorhanden sind, so erklärt sich hieraus dessen größere Lösungsfähigkeit gegenüber dem kohlensauren Kalk, wobei auch noch der Gehalt an Chlornatrium förderlich wirkt.

Kalksteine werden deshalb im Meerwasser beträchtlich stärker als im Süßwasser zersetzt. Namentlich dürfen aber solche Gesteine nicht zu Bauten im Seewasser verwendet werden, deren körnige Bestandteile durch kalkige Zemente verbunden sind.

364. Lösungsfähigkeit der kohlensauren Magnesia. Magnesiumkarbonat ist in kohlensäurehaltigem Wasser etwas löslicher als Kalziumkarbonat.

Nach Merkel¹⁾ nehmen bei gewöhnlichem Druck und 5° C 10000 Tl. mit Kohlensäure gesättigtes Wasser 13,1 Tl. Magnesiumkarbonat auf²⁾.

Überdies wird die Löslichkeit des Magnesiumkarbonats durch die Gegenwart gewisser Salze befördert. Die Versuche von H. Rose und Longchamp zeigen, daß namentlich ein Zusatz von Chloralkalien, Alkalisulfaten und -karbonaten, sowie von Magnesiumchlorid und -sulfat, die Löslichkeit des Magnesiumkarbonats in Wasser erhöht.

Im Meerwasser werden daher auch dolomitische Gesteine stärker angegriffen als im Süßwasser.

365. Löslichkeit von kohlensaurem Eisen und Mangan. Beide Verbindungen sind in kohlensäurehaltigem Wasser in beträchtlich geringerem Grade löslich als Kalzium- und Magnesiumkarbonat. Unter gewöhnlichem Druck und bei mittlerer Temperatur mit Kohlensäure gesättigtes Wasser löst in 10000 Tl. 7,2 Tl. Eisenkarbonat und 4 bis 5 Tl. Mangankarbonat.

Charakteristisch ist für diese beiden Verbindungen ihre leichte Oxydationsfähigkeit in gelöstem Zustande, so daß Eisenkarbonat sich

¹⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 2 1869, S. 697.

²⁾ Im Widerspruch hiermit steht die Tatsache, daß im Dolomitgebirge zunächst der kohlensaure Kalk aus dem Gestein ausgelaugt wird. Der Dolomit wird hierbei zellig, zerfällt schließlich, und es bleibt ein magnesiumreicheres Produkt („dolomitische Asche“) in Sandform zurück. Betreffs Erklärung dieser Erscheinung s. VI. Teil, Die Prüfung der Kalksteine und Dolomite.

schnell in Eisenoxydhydrat umbildet, während Mangankarbonat, je nach Umständen, sich in Manganoxyd, -oxydhydrat oder -superoxyd verwandelt. Da die meisten sedimentären Gesteine einen mehr oder weniger erheblichen Gehalt an kohlensaurem Eisen aufweisen, so erklärt sich aus der erwähnten Zersetzung die rostbraune Färbung, welche die Verwitterungsrinde der betreffenden Gesteine so häufig zeigt. Auf dem analogen Prozeß beruht die schwarze Oberflächenfärbung solcher Kalksteine, Dolomite und Sandsteine, welche Mangankarbonat enthalten.

366. Löslichkeit des Gipses. Bei mittlerer Temperatur lösen 400 Tl. reines Wasser 1 Tl. Gips. Die Gegenwart von Chlornatrium im Wasser erhöht die Löslichkeit so beträchtlich, daß 400 Tl. einer gesättigten Kochsalzlösung 3,27 Tl. Gips auflösen. Dagegen wird die Lösungsfähigkeit des Gipses in Wasser bei Gegenwart von Magnesiumsulfat erheblich vermindert. In einer gesättigten Lösung von Magnesiumsulfat ist der Gips nahezu unlöslich.

367. Zur Beurteilung des Wetterbeständigkeitsgrades solcher Gesteine, welche ganz oder teilweise aus in Wasser löslichen Mineralien bestehen, ist es von Bedeutung, einen Zeitmaßstab für die Wirkung des Auflösungsprozesses zu gewinnen. Die von Bischof gemachte Annahme, daß die Zeit, welche zur Lösung fester Körper in einer Flüssigkeit erforderlich ist, umgekehrt proportional sei der quantitativen Lösungsfähigkeit des Körpers in dieser Flüssigkeit, hat sich nicht als zutreffend erwiesen. Es erschien deshalb wünschenswert, durch direkte Versuche die Zeitdauer des Auflösungsprozesses an den fraglichen Mineralien festzustellen.

Von den hierfür zu verwendenden Mineralien wurden etwa 1 mm starke, möglichst planparallele Lamellen durch Spaltung, resp. Schleifen hergestellt und mit den Schmalseiten derartig auf Objektgläser aufgekittet, daß ihre parallelen Flächen rechtwinklig zur Oberfläche des Glases standen.

Auf diese Weise war es möglich, die Dicke der Lamellen mittels eines Mikroskops mit Mikrometerverschiebung des Objektisches hinreichend genau zu bestimmen. Nachdem diese Messungen ausgeführt worden waren, wurden die Objektgläschen einzeln in 25 cm hohe, mit Leitungswasser gefüllte Zylinder eingehängt. Die Temperatur des Beobachtungsraumes schwankte zwischen 15 und 20° C.

Die nach 33 Tagen wiederum ausgeführten Messungen ergaben folgende Resultate:

| Versuchsmaterial | Ursprüngliche Stärke der Lamelle | Stärke der Lamelle nach 33 tägiger Einwirkung des Wassers | Stärke der Ablösung an jeder Fläche | Stärke der Flächenablösung, berechnet auf 1 Jahr |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|
| | mm | mm | mm | mm |
| 1. Kalkspat von Isiland. Spaltungslamelle R. . . | 0,820 | 0,640 | 0,090 | 0,990 |
| 2. Kalkschiefer von Solnhofen. Geschliffene Lamelle der Schichtung | 1,160 | 0,940 | 0,110 | 1,210 |
| 3. Magnesitpat von Bruck (Steiermark). Spaltungslamelle R. . . | 1,138 | 0,880 | 0,129 | 1,419 |
| 4. Dolomitspat von Traversella (Piemont). Spaltungslamelle R. . . | 1,064 | 0,840 | 0,112 | 1,232 |
| 5. Eisenspat von Neudorf (Harz). Spaltungslamelle R. . . | 1,314 | 1,040 | 0,137 | 1,507 |
| 6. Gips-Kristall von Goldberg (Mecklenburg). Tafelförmig nach der Achse <i>b</i> | Stärke nach der Achse <i>b</i> 11,17 | 4,834 | 3,168 | 34,848 |

368. Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, daß von den fraglichen Karbonaten das kohlensaure Eisen am schnellsten in gewöhnlichem Wasser gelöst wird; es folgen dann der Reihe nach: kohlensaure Magnesia, Dolomit und kohlensaurer Kalk. Die Löslichkeit des kristallisierten Gipses übersteigt die des Kalkspats um das 35fache. Die am Kalziumkarbonat konstatierte Tatsache, daß die Substanz in kristallisierter Form beträchtlich schwerer löslich ist, als bei dichter bzw. mikrokristalliner Ausbildung, gilt erfahrungsgemäß für alle löslichen Körper.

269. Aus den vorstehenden Ergebnissen wird sich ein ungefährer Maßstab für die Wirkung des natürlichen Auflösungsprozesses durch folgende Erwägung ableiten lassen.

Die durchschnittliche Regenmenge des Jahres beträgt für das norddeutsche Tiefland, nach 20jährigen Beobachtungen, 613 mm und die Zahl der Regenstunden p. a. 122, so daß sich für jede dieser Stunden eine mittlere Regenmenge von 5 mm ergibt. Setzt man die Flächenablösung, welche an einer löslichen Substanz durch den Regen bewirkt wird, etwa halb so groß wie die Ablösung, welche dieselbe in einem gleichen Zeitabschnitte unter Wasser erleiden, so würden sich aus den vorstehenden Versuchen folgende Ablösungswirkungen des Regens an den genannten Mineralien für das Durchschnittsjahr berechnen:

| | | | |
|--------------------|------------------------|-------------------|-----------|
| Kalkspat . . . | 0,007 mm | Dolomitspat . . . | 0,0085 mm |
| Kalkschiefer . . . | 0,0085 „ ¹⁾ | Eisenspat . . . | 0,0105 „ |
| Magnesitpat . . . | 0,0098 „ | Gips | 0,2410 „ |

In 100 Jahren würde hiernach z. B. ein dichter Kalkstein in völlig ungeschützter Lage eine Ablösung von 0,85 mm durch die auflösende Wirkung der atmosphärischen Niederschläge erleiden. Für die Gesteine im Verbanne eines Bauwerks ist die Wirkung des Regens aber sicherlich eine noch beträchtlich geringere, da nur die der jedesmaligen Windrichtung zugekehrten Seiten des Gebäudes eine kontinuierliche Benetzung durch das Regenwasser erfahren werden.

370. Man ersieht aus diesen Betrachtungen, deren allgemeine Ergebnisse mit den Beobachtungen an den Gesteinen älterer Bauwerke übereinstimmen, daß die ablösende Wirkung der meteorischen Niederschläge auf Gesteine, welche aus in Wasser löslichen Mineralien bestehen, wie Kalkstein und Dolomit, selbst in Jahrhunderte langen Zeiträumen nur eine sehr geringe ist.

371. Treten dagegen solche löslichen Minerale in zusammengesetzten Gesteinen auf, wie namentlich als Bindemittel in sedimentären Gesteinen, z. B. in porösen Sandsteinen, so kann ein derartig geringer Substanzverlust unter Umständen schon eine nicht unwesentliche Verminderung der Festigkeit des Gesteins zur Folge haben. Daß die Ver-

¹⁾ F. Pfaff, Allgem. Geologie S. 317, bestimmte die Ablösung an Solhofer Kalkschiefer, welcher in einer genau gewogenen Platte 3 Jahre lang der Wirkung der Atmosphärrillen ausgesetzt worden war. Aus dem Gewichtsverlust berechnete er die abgelöste Schicht und fand pro Jahr 0,0137 mm. Es ist dies nahezu das Doppelte des oben angeführten Wertes. Pfaff führt aber an, daß die Kalkplatte nach 3 Jahren an ihrer Oberfläche ganz matt und erdig geworden war; stellenweise hatten sich feine Risse und beginnende Abblätterungen eingestellt. Der größere Substanzverlust ist hier also z. T. der Wirkung des Frostes zuzuschreiben und bis zu einem gewissen Grade auch wohl der Einwirkung der Rauchgase.

wendung von Gesteinen der letztgedachten Art für Wasserbauten auszuschließen ist, bedarf keiner besonderen Erörterung.

b) Die chemische Wirkung des Wassers und der in ihm gelösten Stoffe auf die gesteinsbildenden Mineralien.

372. Neben seiner auflösenden Wirkung spielt das Wasser als Träger der chemischen Agentien sowohl, wie als Vermittler der chemischen Aktion eine bedeutsame Rolle bei der Verwitterung der Gesteine. Wenn auch angenommen werden darf, daß die gasigen Bestandteile der Atmosphäre unmittelbar auf die Oberfläche der Baugesteine einzuwirken vermögen, so tritt diese Wirkung gegenüber der der Lösungen jener Bestandteile in den meteorischen Niederschlägen doch völlig zurück. Bereits in Abs. 352 ist dargelegt worden, daß der Gehalt an Kohlensäure im Regenwasser beträchtlich größer ist als in der atmosphärischen Luft und daß auch der Sauerstoffgehalt in der vom Wasser absorbierten Luft den der Atmosphäre erheblich übersteigt. Neben diesen beiden Agentien sind es namentlich die Bestandteile der „Rauchgase“, welche in erheblichem Maße vom Regenwasser und in noch höherem Grade vom Schnee aufgenommen werden und den Kreis der chemischen Wirkungen des meteorischen Wassers erweitern. Das Wasser bildet aber nicht nur ein Anreicherungsmittel für diese chemisch wirksamen Bestandteile der Luft, sondern es vermittelt auch ihre innigere Berührung mit der Gesteinsoberfläche und durch Kapillarwirkung mit dem Gesteinsinneren.

Dazu kommt ferner, daß ein Teil der aus der Gesteinszersetzung hervorgehenden Produkte, wie insbesondere die Alkalikarbonate, in Wasser löslich sind. Auch diese Lösungen dringen von der verwitternden Oberfläche in das Gesteinsinnere ein und vermögen hier eine weitergehende Zersetzung zu bewirken.

Gleichwie die mechanische Zerstörung der Gesteine an der Wetterseite der Gebäude infolge der stärkeren Durchfeuchtung im allgemeinen am größten ist, so ist es aus den vorstehend erläuterten Gründen auch die chemische Zersetzung, und in Übereinstimmung hiermit findet eine vermehrte Zerstörung aller jener Bauteile statt, welche in stärkerem Maße von Wasser durchsickert werden, wie dies an Gesimsen und Abdeckungen aller Art zu beobachten ist.

373. Der Verlauf des chemischen Prozesses, welchem die einzelnen Gesteinsbestandteile unter der Wirkung der atmosphärischen Niederschläge bzw. des Grundwassers, des Fluß- und Meerwassers unterliegen, kann ein zweifacher sein.

Die zersetzbaren Mineralien verwittern

- a) unter Neubildung chemisch inaktiver Zersetzungsprodukte: einfache chemische Verwitterung, oder
- b) unter Neubildung solcher Zersetzungsprodukte, welche ihrerseits eine weitere Umbildung des Mutterminerals oder eine Zerstörung anderer Bestandteile des Gesteins bewirken: komplizierte chemische Verwitterung.

Ein Beispiel für die einfache chemische Verwitterung liefert die Umwandlung von Eisenkarbonat in Eisenoxydhydrat; ein solches für die komplizierte chemische Verwitterung, die Oxydation des Eisenkieses in einem kalkhaltigen Gestein, unter Zersetzung des letzteren durch die bei der Oxydation ausgeschiedene Schwefelsäure.

Im nachfolgenden soll die Wirkung der chemischen Agentien auf die mineralischen Bestandteile der natürlichen Bausteine eingehender erörtert werden. Wie bereits in Abs. 347 hervorgehoben wurde, ist der Kreis der hier in Frage kommenden chemischen Prozesse beträchtlich kleiner als bei der Gesteinsverwitterung in der Erdrinde, da für die Beurteilung der Baugesteine nicht nur alle jene Zersetzungen außer Betracht bleiben, welche lediglich im Verlauf geologischer Zeiträume zur Geltung gelangen, sondern auch diejenigen Umwandlungen, welche nur unter der Einwirkung der in den tieferen Erdschichten zirkulierenden Lösungen zustande kommen.

1. Die chemische Wirkung des Regen- und Schneewassers.

374. Das Wasser wirkt hydratisierend auf eine große Anzahl wasserfreier Mineralien. Aber diese Wirkung ist nur in wenigen Fällen, wie z. B. bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips, eine unmittelbare, während die Hydratbildung bei den meisten gesteinsbildenden Mineralien erst eintritt infolge ihrer Zersetzung durch den Kohlensäure- bzw. Sauerstoffgehalt des Wassers.

Selbst das Eisen, welches bei der Oxydation des Eisenkarbonats so leicht in Eisenoxydhydrat umgewandelt wird, widersteht in Verbindung mit Sauerstoff, als Eisenoxyd, der Einwirkung des Wassers in Jahrtausende langen Zeiträumen, wie das bei dem durch Eisenoxyd gefärbten roten Sandstein und seinem Verwitterungsboden zu beobachten ist.

375. Kohlensäurehaltiges Wasser zersetzt:

- a) die Silikate von Kalk, Kali, Natron, Eisenoxydul und Manganoxydul, wobei Karbonate dieser Basen gebildet werden und freie Kieselsäure zur Abscheidung gelangt (Tonerdasilikat wird nicht, Magnesiasilikat nur in Spuren angegriffen);

- b) Alkalitonerdesilikate, Kalktonerdesilikate, Kalkmagnesiumsilikate, Magnesiaeisensilikate.

Dabei entstehen: Karbonate der Alkalien bzw. des Kalkes und Eisens, freie Kieselsäure und wasserhaltiges Tonerdesilikat (Kaolin) bzw. wasserhaltiges Magnesiumsilikat (Serpentin).

Es ist jedoch besonders hervorzuheben, daß die Zersetzung der gesteinsbildenden Silikate durch Einwirkung der Kohlensäure zu jenen äußerst langsam verlaufenden Prozessen gehört, die erst in geologischen Zeiträumen eine hervorragende Bedeutung erlangen.

Sind die betreffenden Silikate dagegen bereits im Bruchgestein bis zu einem gewissen Grade zersetzt, wie dies namentlich bei den Feldspäten häufig der Fall ist, dann vermag das kohlenstoffhaltige Wasser schon in verhältnismäßig kurzen Zeiträumen eine mehr oder weniger vollständige Zerstörung jener angewitterten Silikate an der Oberfläche des betreffenden Gesteins zu bewirken.

376. Sauerstoffhaltiges Wasser wirkt oxydierend, indem es

- a) Eisenoxydul und Manganoxydul, namentlich als Sulfate und Karbonate, in geringfügigem Maße auch als Silikate, in Oxyde bzw. Oxyhydrate verwandelt; ferner
 b) Schwefelmetalle in schwefelsaure Metalle umbildet, bei Bisulfiden unter Entbindung freier Schwefelsäure.

377. Salpetersäure findet sich in nachweisbarer Menge im Gewitterregen. Aber die Menge derselben ist so minimal, daß ihre Wirkung auf die Karbonate in den Gesteinen nicht erheblich in Betracht kommt.

378. Schwefelsäurehaltiges Wasser, wie es durch Absorption der sog. „Rauchgase“ seitens des Regens und Schnees entsteht, zersetzt, unter Bildung wasserhaltiger Sulfate, Kalzium- und Magnesiumkarbonat, während eine namhafte Einwirkung auf andere Gesteinsbestandteile, wie insbesondere auf Ton und Eisenoxyd, bei der geringen Menge der in den Niederschlägen enthaltenen Säure erst in längeren Zeiträumen zu beobachten ist.

379. Nach dem Vorstehenden beruht die chemische Wirkung des Regen- und Schneewassers bei der Gesteinsverwitterung im wesentlichen auf dem Gehalt des Wassers an Kohlensäure, Sauerstoff und schwefliger Säure. Der Kreis der Zersetzungen, welchen diese Agentien hervorrufen, erweitert sich aber erheblich durch die hierbei in den Gesteinen unter Umständen entstehenden chemisch aktiven Verwitterungsprodukte, deren Wirkungen in Kap. 18, Abs. 412 zusammengestellt sind.

2. Die chemische Wirkung der Bodenfeuchtigkeit und des Grundwassers.

Die Bodenfeuchtigkeit enthält infolge der in beständiger Verwitterung befindlichen mineralischen Bestandteile des Bodens, sowie der darin stattfindenden Zersetzung organischer Reste mancherlei besondere Stoffe, welche auf die Verwitterung der bei Fundament- und Erdbauten angewandten Gesteine von erheblichem Einfluß sein können.

Je nach der Beschaffenheit des Bodens kommen hier folgende chemische Verbindungen in Betracht:

380. Kohlensaure Alkalien, entstanden aus der Zersetzung von Alkalitonerdesilikaten. Sie lösen amorphe Kieselsäure und in geringer Menge auch tonige Substanzen. Überdies wirken sie zersetzend auf Alkalitonerdesilikate und Kalkmagnesiumsilikate und unterstützen auf diese Weise die Verwitterung der Silikate durch kohlenensäurehaltiges Wasser.

381. Kalziumbikarbonat, durch Auflösung des im Boden ursprünglich vorhandenen Kalkes in kohlenensäurehaltigem Wasser entstanden. Es zersetzt, nach Bischof, Alkalitonerdesilikate unter Bildung von Kalziumkarbonat und Alkalikarbonat. Auch wirkt es lösend auf Eisenoxydhydrat.

382. Magnesiumkarbonat findet sich in dolomitischen Bodenarten. Seine Lösung nimmt nach Bischof Eisenoxydhydrat in sich auf.

383. Gips kommt in manchen Bodenarten teils als ursprünglicher Bestandteil, teils als Zersetzungsprodukt vor. Die Lösung von Kalziumsulfat wirkt zersetzend auf Magnesiumkarbonat unter Bildung von Kalziumkarbonat und Magnesiumsulfat.

384. Kohlensäure, die im Bodenwasser in erheblich größerer Menge gelöst ist als im Regenwasser. Wie bereits in Abs. 357 ausgeführt wurde, enthält die Grundluft in wenig humusreichem Boden 25mal, in humusreichem Boden 90mal mehr Kohlensäure als die atmosphärische Luft. Da 1 Vol. Wasser bei 10° C und 760 mm Druck 1,1847 Vol. Kohlensäure zu absorbieren vermag, so darf angenommen werden, daß die Bodenfeuchtigkeit in humushaltiger Erde mit Kohlensäure vollständig gesättigt ist. Die in Abs. 374 angeführten Zersetzungen, welche das kohlenensäurehaltige Regenwasser zu bewirken vermag, finden daher unter der Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit in wesentlich verstärktem Maße statt.

385. Humussäuren. Unter dieser Bezeichnung mögen hier alle jene organischen Säuren verstanden werden, welche aus dem Fäulnis-

prozeß der pflanzlichen Reste hervorgehen, wie Ulmin- und Huminsäure, Apokrensäure usw.

Die Humussäuren bilden mit Eisenoxydhydrat in Wasser unlösliches humussaures Eisen; auch verbinden sie sich mit Alkalien, sowie namentlich mit Ammoniak. In letzterer Form finden sie sich vorzugsweise im Erdreich. Das Ammoniumsalz zersetzt das Kalziumbikarbonat und bildet humussauren Kalk.

386. Ammoniak, entstanden aus dem Fäulnisprozeß organischer Reste. Bei Gegenwart von kohlen säurehaltigem Wasser zersetzt Ammoniak phosphorsauren Kalk.

387. Salpetersäure ist hier ebenfalls ein Produkt der Verwesung stickstoffhaltiger organischer Reste. Die freie Säure zersetzt namentlich die Karbonate, sowie die Kalkmagnesiumsilikate unter Bildung von Nitraten. In manchen Bodenarten finden sich überdies: Salmiak, Chlornatrium und Chlormagnesium.

3. Die chemische Wirkung des Flußwassers.

388. Wie aus Abs. 358 hervorgeht, enthält das Flußwasser an chemischen Agentien namentlich sauerstoffreiche Luft und freie Kohlensäure; ferner an gelösten festen Bestandteilen vorzugsweise Kalzium- bzw. Magnesiumkarbonat neben geringen Mengen von Kalziumsulfat und Chlornatrium.

Da der Gehalt an Sauerstoff und Kohlensäure aber erheblich größer ist als im Regenwasser, so steigert sich auch die in Abs. 375 und 376 geschilderte Wirkung auf die zu Wasserbauten verwandten Gesteine. Erhöht wird diese Wirkung noch in dem gedachten Falle durch die ununterbrochene Einwirkung der betreffenden Agentien auf die unter dem Wasserspiegel liegenden Bauteile, durch das tiefere Eindringen des Wassers in das Innere des Gesteins, sowie durch die auflösende und abschwemmende Wirkung des Wassers.

Über die chemische Wirkung von Kalzium- und Magnesiumkarbonat, Kalziumsulfat und Chlornatrium siehe den folgenden Abschnitt 4.

4. Die chemische Wirkung des Meerwassers.

Im Meerwasser sind es vorzugsweise die darin gelösten Chloride und Sulfate, welche den Bestand der zu Seebauten verwendeten Gesteine zu beeinträchtigen vermögen. Die hier in Betracht kommenden chemischen Wirkungen der Meeressalze sind folgende:

389. Chlornatrium. Es zersetzt Kalksilikat unter Bildung von Natronsilikat und Chlorkalzium. Auch erhöht es die Löslichkeit von kohlensaurem Kalk, phosphorsaurem Kalk und Gips in Wasser. Kohlensäurehaltiges Wasser mit 2⁰/₀ NaCl löst 0,2⁰/₀ Kalziumkarbonat.

390. Chlorkalium. Es übt die analoge Wirkung wie das Chlornatrium aus.

391. Chlormagnesium. Wirkt zersetzend auf Kalksilikate, Eisenoxydulsilikate und tonige Substanzen und erhöht die Löslichkeit von kohlensaurem Kalk in Wasser.

392. Kalziumsulfat. Wirkt zersetzend auf Magnesiumkarbonat unter Bildung von Kalziumkarbonat und Magnesiumsulfat.

393. Magnesiumsulfat. Zersetzt Kalk-, Eisenoxydul- und Tonerdasilikate und erhöht die Löslichkeit des kohlen-sauren Kalkes in Wasser.

394. Daneben kommt die Wirkung der auch im Meerwasser in beträchtlicher Menge enthaltenen freien Kohlensäure und sauerstoffreichen Luft in Betracht. (Siehe Abs. 362).

c) Die Erweichung der Gesteine durch Wasser und die Bedeutung dieses Vorganges für den Verwitterungsprozeß.

395. Außer durch seine auflösende und zersetzende chemische Tätigkeit vermag das Wasser auch durch seine Fähigkeit, den adhären-ten Zusammenhang gewisser Bestandteile der Gesteine zu vermindern, auf diese zerstörend einzuwirken.

Die hierbei in Betracht zu ziehenden Vorgänge sind zweifacher Art; sie beruhen

1. auf der bei Durchfeuchtung des Gesteins entstehenden Ausdehnung desselben und dem Schwinden des Gesteins bei nachfolgender Austrocknung;
2. auf der durch Erweichung gewisser Gesteinsbestandteile erleichterten Ausschlammung derselben.

396. In welchem Grade das Wasser imstande ist, die Ausdehnung natürlicher Gesteine zu bewirken, und andererseits die Austrocknung nasser Gesteine ein Schwinden derselben herbeizuführen vermag, darüber hat zuerst Schumann¹⁾ Versuche angestellt, welche die folgenden Resultate ergeben haben:

¹⁾ Protokoll der 4. Generalversammlung des Vereins deutscher Zementfabrikanten 1881.

| Gesteinsart | Nach zweiwöchentlichem Liegen im Wasser | |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|
| | Ausdehnung in Bruchteilen der Länge | Schwindung beim Austrocknen in Bruchteilen der Länge |
| 1. Roter Pfälzer Sandstein, feinkörnig | 0,00006 | 0,00018 |
| 2. " " " grobkörnig | 0,00016 | 0,00023 |
| 3. Roter Sandstein, feinkörnig | 0,00046 | 0,00055 |
| 4. Grauer Miltenberger Sandstein, feinkörnig . . | 0,00050 | 0,00050 |
| 5. " " " sehr feinkörnig | 0,00206 | 0,00178 |
| 6. Lothringer, weißer poröser Kalkstein | 0,00004 | 0,00008 |
| 7. " Liaskalk | 0,00007 | 0,00008 |
| 8. Litorinellenkalk von Biebrich | 0,00011 | 0,00009 |
| 9. Dichter, tonhaltiger Kalk | 0,00026 | 0,00026 |
| 10. Basalt von Kirn a. d. Nahe | 0,00041 | 0,00050 |
| 11. " " Oberbrechen b. Limburg a. d. Lahn | 0,00025 | 0,00027 |
| 12. " " Steinheim b. Hanau | 0,00048 | 0,00050 |
| 13. " " Neurod b. Wiesbaden | 0,00023 | 0,00027 |
| 14. Granit | 0,00006 | 0,00015 |

Hieraus würde sich ergeben, daß sowohl klastische wie kristallinische Gesteine im Wasser eine namhafte Ausdehnung erfahren und daß andererseits das Schwindemaß derselben beim Austrocknen größer ist als ihre Ausdehnung in nassem Zustande.

397. Da die Zuverlässigkeit der Schumannschen Bestimmungen wegen der geringen Länge der angewandten Gesteinsstäbe in Zweifel gezogen worden ist, so erschien eine Wiederholung der betreffenden Versuche erwünscht.

Es wurde hierzu ein Mikroskop-Komparator der in Fig. 135 abgebildeten Form benutzt.

Auf einer starken Gußeisenplatte ist ein mit Maßstab versehenes Prisma aus gleichem Metall befestigt, das zwei, durch Schlitten bewegliche und durch Schrauben festzustellende Mikroskope m_1 trägt. Die Okulare derselben enthalten einen Meßfaden, welcher an einer in $\frac{1}{4}$ mm geteilten Skala mittels Mikrometerschraube verschiebbar ist. Die geteilte Trommel tt_1 gestattet Differenzen von 0,01 mm direkt abzulesen und von 0,005 mm schätzungsweise zu bestimmen.

Der zu messende Gesteinsstab von 28—29 cm Länge wird an ein rechtwinklig zur Längsrichtung bewegliches Winkellineal herangeschoben. An die beiden Enden des Gesteinsstabes werden mittels Kanadabalsam Glasplättchen aufgekittet, welche mit einem feinen Diamantstrich versehen sind.

Bei Ausführung der Messung werden die Okularfäden auf die Strichmarken der vorgenannten Glasplättchen eingestellt.

Für die vergleichenden Längenbestimmungen der Gesteinsstäbe in trockenem und wassergetränktem Zustande bleiben die Mikroskope in ihrem Abstände unverändert, und es wird die Längendifferenz lediglich durch Verschiebung der Okularfäden bestimmt. Damit bei Ausführung der Untersuchungen an einer größeren Anzahl von Stäben die Marken stets in das Gesichtsfeld der Mikroskope fallen, wird beim Aufkitten der Glasplättchen ein Metallineal von entsprechender Länge verwendet, an dessen parallelen Endkanten die Plättchen angeschoben werden.

Zur bequemen Einstellung des Gesteinsstabes unter die Mikroskope dienen die Mikrometer-Druckschrauben ss_1 .

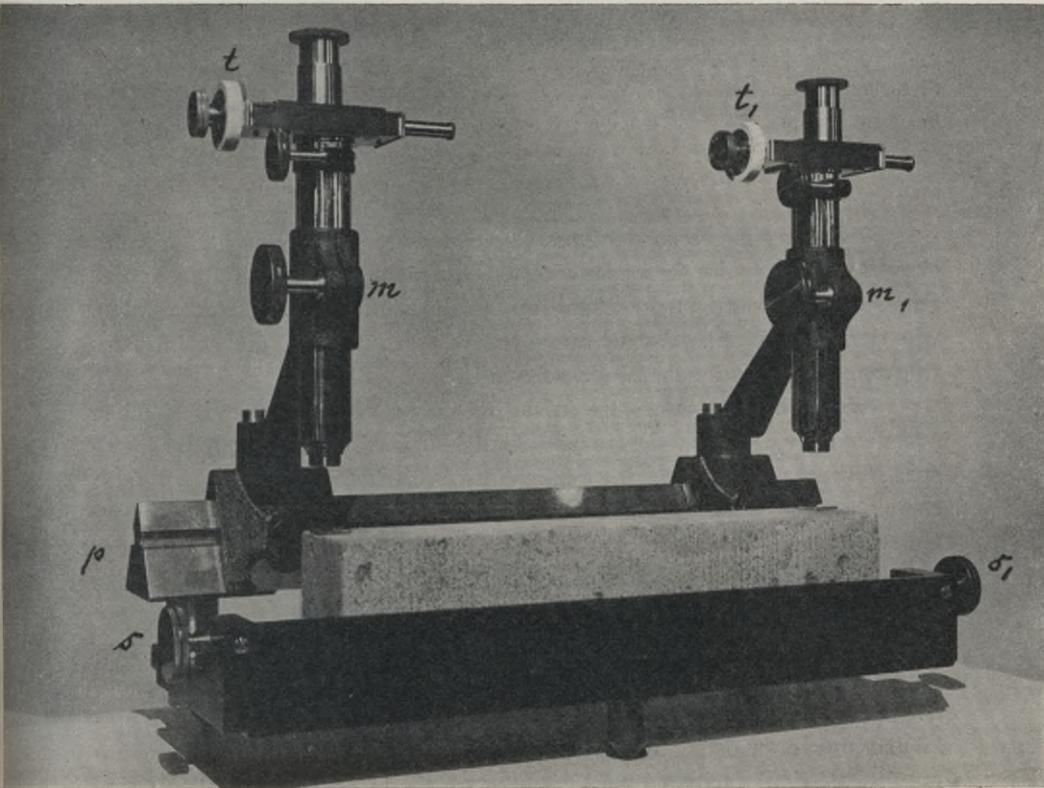


Fig. 135.

398. Die mit diesem Apparat an Gesteinsstäben von ca. 29 cm Länge ausgeführten Messungen ergaben folgende Resultate¹⁾:

¹⁾ Näheres s. J. Hirschwald, Bautechnische Gesteinsuntersuchungen, Jahrg. 1911 Heft 1.

| Gesteinsart | Nach 20tägigem Liegen in Wasser | |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| | Ausdehnung in Bruchteilen der Länge | Schwindung beim Austrocknen in Bruchteilen der Länge |
| 1. Sandstein von Pirna i. Sachsen | 0,00053 | 0,00689 |
| 2. " " Schlegel b. Neurode | 0,00037 | 0,00048 |
| 3. " " Eberbach a. Neckar | 0,00020 | 0,00030 |
| 4. " " Kudowa i. Schl. | 0,00011 | 0,00017 |
| 5. Kalkstein " Kirchheim | 0,00013 | 0,00040 |
| 6. " " Krensheim | 0,00019 | 0,00045 |
| 7. Granit " Demitz i. S. | 0,00012 | 0,00018 |

399. Das Ergebnis der vorstehenden Untersuchungen liefert somit eine Bestätigung der bemerkenswerten Tatsache, daß nicht nur tonige Sandsteine, sondern auch kristallinische Kalke und selbst Silikatgesteine, wie der Granit, eine Ausdehnung im Wasser erfahren und beim Austrocknen in erheblichem Maße schwinden.

Wenn die Ausdehnung kristallinischer Gesteine im wesentlichen auf den Kapillardruck des in die Spaltrisse gewisser Bestandteile (Feldspat, Glimmer usw.) eindringenden Wassers zurückzuführen ist, so fehlt es bisher an einer genügenden Erklärung für das Schwinden dieser Gesteine beim Trocknen. Wir müssen uns daher zunächst mit der Konstatierung dieser für den Verwitterungsprozeß wichtigen Tatsache begnügen¹⁾.

400. Infolge der durch Wasseraufsaugung bzw. Austrocknung hervorgerufenen Volumveränderungen der Bausteine treten Spannungen an der Grenze zwischen der stark durchfeuchteten Oberfläche der Werkstücke und ihrem Inneren auf, und es muß deshalb bei vielfacher Wiederholung dieses Vorganges eine Veränderung in der Struktur des Gesteins

¹⁾ Von der Wirkung des Kapillardrucks wird ein interessanter Gebrauch beim Abspalten dünner Gipsblättchen gemacht, wie sie für optische Zwecke Verwendung finden. In trockenem Zustande gelingt es nicht, von einer Gipslinse dünne Blättchen von namhafter Größe abzuspalten, weil dieselben stets nach den Querspalten zerbrechen. Nimmt man die Arbeit aber unter Wasser vor, so dringt dasselbe in die Spaltfugen ein, und man erhält nunmehr unschwer äußerst dünne Blättchen von beträchtlicher Größe.

entstehen, die je nach der substanziellen Beschaffenheit desselben eine mehr oder weniger beträchtliche Auflockerung bzw. Abblätterung der Gesteinsoberfläche zur Folge haben wird.

401. Was die Erweichung der Gesteine durch Einwirkung des Wassers betrifft, so ist diese Erscheinung im wesentlichen von der Art des Zusammenhanges der Gesteinsbestandteile abhängig, und es sind hierbei zu unterscheiden:

1. Gesteine, bei welchen der Zusammenhang der Gemengteile lediglich auf dem Kristallisationsprozeß beruht.

Eine derartige Texturform findet sich sowohl bei Gesteinen, welche aus dem Schmelzfluß erstarrt sind, als auch bei den aus wässrigen Lösungen ausgeschiedenen Gesteinsarten. (Kristallinische Silikatgesteine, bezw. Marmor.)

2. Gesteine, welche aus körnigen Gemengteilen und einem Zement bestehen, dessen erdige bis staubförmige Aggregate lediglich durch Granularadhäsion¹⁾ verbunden sind, sowie Gesteine, welche im wesentlichen aus einer diesem Zement analogen Masse bestehen. (Gewisse Sandsteine, bezw. Schiefer-ton, erdige Kalksteine und Tuffe.)
3. Gesteine der zu 2. genannten Art, deren pulverförmige Bestandteile durch reichliche Infiltration einer aus der Lösung ausgeschiedenen Mineralsubstanz (Kieselsäure, Kalziumkarbonat usw.) einen erhöhten Grad der Festigkeit erlangt haben. (Kiesel-sandstein, Kieselkalkstein u. a.)

Nur Gesteine der zweiten Kategorie sind durch Wasser in beträchtlichem Grade erweichbar.

¹⁾ Die Adhäsion pulverförmiger Aggregate, die für die Folge als Granularadhäsion bezeichnet werden soll, ist namentlich von der Form der Pulverkörnchen abhängig; sie ist am geringsten bei rundlicher und am größten bei lamellarer Ausbildung derselben. Besonders stark wirkt die Adhäsion, wenn eine Lösung mit einem festen Körper in Berührung gebracht und dann durch Verdunsten des Lösungsmittels fest wird. Beispiele hierfür liefern die Kalk- und Kiesel-infiltrationen sedimentärer Gesteine. Es lagern sich dabei die einzelnen Molekel des aus der Lösung ausgeschiedenen Stoffes sukzessive an der Oberfläche des festen Körpers ab, jede Unebenheit erfüllend („Molekularadhäsion“), und es wird hierdurch eine ebenso starke Bindungsintensität hervorgerufen, wie bei kristallinen Gesteinen, deren Kornbindung gleichfalls durch Molekularausscheidung hervorgerufen ist.

Eine Ausnahme machen solche kristallinen Gesteine, die durch Verwitterung bereits in erheblichem Maße eine pulverulente Auflockerung erfahren haben.

402. Alle in Wasser unlöslichen Substanzen geben, wenn sie in feinpulverigem Zustande mit Wasser zu einem dicken Schlamm angerührt und wieder getrocknet worden sind, eine zusammenhängende, mehr oder weniger feste Masse.

Es ist dies z. B. der Fall bei kohlensaurem Kalk, kohlenaurer Magnesia, kieselaurer Magnesia, Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat, insbesondere aber bei den verschiedenen Tonsubstanzen.

Solche aus feinpulverigen Partikeln bestehenden mineralischen Aggregate, deren Zusammenhang lediglich auf der beim Eintrocknen der schlammartigen Massen in Wirksamkeit tretenden Granularadhäsion beruht, verlieren diesen Zusammenhang wiederum durch die Einwirkung des Wassers und erweisen sich deshalb als mehr oder weniger erweichungsfähige Substanzen.

403. Von allen mineralischen Stoffen besitzen die tonigen Substanzen die größte Binfefähigkeit und Plastizität in nassem Zustande; sie haben überdies die Fähigkeit, Wasser in größerer Menge aufzusaugen und dasselbe energisch festzuhalten.

Mischt man pulverförmigen Stoffen von geringer Binfefähigkeit eine unbedeutende Quantität Ton bei, so erhöht sich dadurch die Adhäsionswirkung der nach der Durcharbeitung mit Wasser wieder getrockneten Masse sehr beträchtlich, und es steigert sich diese Wirkung bei einem Tongehalt von 50 bis 60 %, wie er dem Lehm eigen ist, bekanntlich in dem Maße, daß ziemlich feste Mauerziegel aus lufttrockenem Material hergestellt werden können.

404. Gemenge von Ton mit Quarz, Kalzium- und Magnesiumkarbonat, Magnesiumsilikat, Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat sind in der Erdrinde sehr verbreitet, und sie bilden auch vielfach die Bindemittel sedimentärer Gesteine. Die Binfekraft dieser Gemenge steigt im allgemeinen mit dem Gehalt an Tonsubstanz und nimmt beträchtlich ab mit dem größeren Gehalt an Quarzsand. Nur das Eisenoxydhydrat erhöht die Binfekraft des Tones.

Nach Senft¹⁾ vermehrt die Beimengung von Eisenoxydhydrat auch die Wasseraufsaugungsfähigkeit des Tones beträchtlich; gleichzeitig wird dadurch die Fähigkeit toniger Substanzen, fein zerteilten mineralischen Schlamm in sich aufzunehmen und festzuhalten, erhöht, indem das Eisenoxydhydrat die Tonsubstanz so zäh und dabei so klebrig macht, daß sie mit ihr in Mischung tretende mehligc, pulverige und feinsandige mineralische Stoffe fest umhüllt und verkittet.

405. Eine weitere Eigenschaft der Tonsubstanz ist ihre leichte Abschlämmbarkeit, d. h. die Fähigkeit, unter der Einwirkung des Wassers sich in äußerst feine, im Wasser längere Zeit suspendiert bleibende Partikel abzulösen. Unter dem Mikroskop erscheinen diese Tonpartikel wasserhell, von rundlicher Form und in einer Größe von $\frac{1}{1000}$ bis höchstens $\frac{3}{1000}$ mm.

Der abschlämmenden Wirkung, auch durch das Regenwasser, unterliegen alle tonigen Gesteine, welche die Fähigkeit besitzen, im Wasser zu erweichen. Ausgeschlossen sind hiervon die stark silifizierten tonigen Produkte.

¹⁾ F. Senft, Die Tonsubstanzen. Berlin 1879. S. 21, 22.

Bei Gesteinen mit rein tonigem Bindemittel wird dieses im Laufe der Jahre vollständig ausgeschlämmt, die körnigen Bestandteile verlieren den Zusammenhalt, und das Gestein erscheint an der Oberfläche wie ausgewaschen. Enthält das Bindemittel neben Ton noch andere pulverförmige mineralische Substanzen in erheblicher Menge, so genügt schon ein durch die Abschlämmung herbeigeführter geringer Verlust des tonigen Bestandteiles, um die adhärente Eigenschaft des Bindemittels erheblich zu vermindern und hierdurch eine Auflockerung der Gesteinsoberfläche herbeizuführen.

Stark eisenoxydhaltige Tone erweisen sich im allgemeinen gegen Abschlämmung widerstandsfähiger als die reine Tonsubstanz; infolge ihrer größeren Wasseraufsaugung zerfriren sie aber leichter als diese.

Diese Verhältnisse spielen bei der Verwitterung der Sandsteine eine sehr wichtige Rolle und sollen bei der Betrachtung dieser Gesteinsgruppe noch eingehender erörtert werden.

406. Wenn die erweichte Tonsubstanz durch gesteigerte Temperatur oder unter dem Einfluß trockener Luftströmungen ihr mechanisch aufgenommenes Wasser bis auf 6 bis 8 % verloren hat, dann beginnt der Ton zu schwinden. Auch dieser Vorgang spielt bei der Verwitterung gewisser toniger Gesteine eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Über das Schwinden des Tones schreibt Senft a. a. O.: „Ist eine Tonsubstanz in ihrer ganzen Masse gleichartig, gleich dicht und nach allen Richtungen hin von gleich großer Wassermenge durchzogen, und wird sie bei solcher Beschaffenheit an einem lufttrockenen und schattig gelegenen Orte nur durch die Lufttemperatur ausgetrocknet, dann ziehen sich ihre Massenteilchen sehr allmählich und gleichmäßig aneinander. Bei diesem Vorgange findet nur ein geringes Schwinden und keine Spur von Bersten der Masse statt.“

„Ist aber eine Tonmasse nicht gleich dicht und gleichmäßig oder bei gleichartiger Beschaffenheit nicht gleichmäßig von Wasser durchdrungen, oder wird sie bei sonst günstiger Beschaffenheit nicht gleichmäßig nach allen Richtungen von der Sonne erwärmt, dann ziehen sich diejenigen ihrer Massenteilchen, welche weniger Wasser enthalten oder stärker und schneller von der Wärme durchdrungen werden, auch stärker und schneller zusammen als die weniger dichten, wasserreicheren oder nicht so stark und schnell erwärmten. Die Folge von allem diesem ist dann zunächst ein ungleichmäßiges Schwinden der Masse, sodann aber auch ein Zerreißen und Bersten der ganzen Masse in einzelne Konzentrationsstücke oder Scherben.“

Bei tonigen Gesteinen im Bauverbände, die namentlich bei Sonnenbestrahlung schnell von außen trocknen, während die inneren Teile noch längere Zeit einen beträchtlichen Feuchtigkeitsgehalt bewahren, wird sich aber der zuletzt geschilderte Prozeß häufig wiederholen und so zu einer allmählichen Auflockerung des Gesteins führen.

407. Als besonders bemerkenswert ist hervorzuheben, daß reich mit Wasser durchdrungene Tonsubstanz bei schnellem Eintritt von Frost in eine krümlige, nur wenig klebende und schlecht formbare Erde zerfällt. Tritt alsdann ganz allmählich Tauwetter ein, so behält die Tonmasse zunächst die durch den Frost erhaltene erdige Beschaffenheit, während sie bei reichlichen Regengüssen in eine breiige Schlamm Masse verwandelt wird. Die Abschlämmbarkeit des Tones kann demnach bei vorhergehender Frostwirkung erheblich gesteigert werden.

408. Die leichte Verwitterbarkeit solcher Gesteine, bei denen der Zusammenhang der übrigen Bestandteile lediglich durch eine in Wasser erweichbare Tonsubstanz bewirkt wird, beruht also nach dem Vorstehenden auf der leichten Abschlämbarkeit des Tones, der Fähigkeit desselben, beim Eintrocknen zu schwinden und zu bersten, und endlich auf der geringen Widerstandsfähigkeit der stark mit Wasser durchtränkten Tonmasse gegen Frost.

Ganz ähnlich verhalten sich diejenigen Gesteine, deren Bindemittel im wesentlichen aus anderen staubförmigen und erdigen Mineralaggregaten bestehen.

Nur wenn das Bindemittel derartiger Gesteine dadurch gefestigt ist, daß es mit einer aus seiner Lösung ausgeschiedenen, widerstandsfähigen Substanz vollkommen durchwachsen erscheint (Kieselsäure, Kalkspat usw.), erweisen sich jene Gesteine frei von den durch die Wassererweichung bedingten Verwitterungserscheinungen.

Kapitel 18.

Die Verwitterungsfähigkeit der wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien.

409. Die Mineralien, welche für die Zusammensetzung der bautechnisch verwertbaren Gesteine in Betracht kommen, sind folgende:

A) Wesentliche Bestandteile:

1. Quarz, 2. Feldspat (Orthoklas, Mikroklin, Albit, Oligoklas, Labrador, Anorthit, Sanidin, Andesin), 3. Nephelin, 4. Leucit, 5. Melilith, 6. Glimmer (Muscovit, Biotit, Sericit), 7. Chlorit, 8. Talk, 9. Serpentin, 10. Augit, 11. Hornblende, 12. Diallag, Hypersthen, Bronzit, Enstatit, 13. Kalkspat, 14. Dolomitspat, 15. Gips, 16. Kaolin.

B) Nebenbestandteile:

17. Granat, 18. Olivin, 19. Eisenkies, 20. Magnetkies, 21. Magnet Eisen und Titaneisen, 22. Roteisen, 23. Brauneisen, 24. Eisenocker, 25. Graphit, 26. Kohle und diverse organische Substanzen (Bitumen).

410. Ein umfangreiches Forschungsmaterial gibt uns von den mannigfachen chemischen Zersetzungen und Umbildungen Kenntnis,

denen diese mineralischen Stoffe in der Erdrinde unterworfen sind. Aber nur ein kleiner Teil dieser chemischen Vorgänge spielt bei den Veränderungen eine Rolle, welche die mineralischen Bestandteile der Gesteine im Bauwerk erleiden. Denn nicht nur, daß die Verwitterungsagentien der Erdrinde wesentlich anderer Art sind als diejenigen der Atmosphäre, fallen hier auch alle jene äußerst langsam sich vollziehenden Prozesse außer Betracht, welche nur im Verlauf geologischer Zeiträume von namhafter Wirkung sind.

411. Man kann die chemischen Umwandlungen, welche die Bestandteile der Bausteine erfahren, in zwei Gruppen einteilen:

- a) Primäre Umwandlungsprozesse, welche unmittelbar durch die Einwirkung der Atmosphärien, des Grundwassers oder, bei Wasserbauten, des Fluß- und Meerwassers bewirkt werden;
- b) Sekundäre Umwandlungsprozesse, welche durch Agentien hervorgerufen werden, die erst zufolge des primären Umwandlungsprozesses im Gestein selbst gebildet worden sind. Für die chemische Verwitterung sind diese sekundären Prozesse von hervorragender Bedeutung.

412. Die aus primären Umwandlungsprozessen entstehenden chemischen Agentien sind namentlich folgende:

Kohlensäure Alkalien, entstanden aus der Zersetzung von Alkalitonerdesilikaten. Sie lösen amorphe Kieselsäure und in geringem Grade auch kristallisierte Kieselsäure (Quarz) und tonige Substanzen. Überdies wirken sie wiederum zersetzend auf Alkalitonerdesilikate und Magnesia-silikate und unterstützen auf diese Weise das Fortschreiten des durch kohlenstoffhaltiges Wasser bewirkten Verwitterungsprozesses der Silikate (s. Abs. 415).

Eisenkarbonat, entstanden aus der Verwitterung eisenhaltiger Silikate. Es ist in kohlenstoffhaltigem Wasser löslich, und seine Lösung zersetzt Kalksilikate unter Bildung von Kalziumkarbonat und Eisensilikat.

Schwefelsäure, gebildet durch Verwitterung von Eisenkies oder von Markasit. Zersetzt sämtliche Karbonate, die wasserfreien kalkhaltigen Silikate, die meisten wasserhaltigen Silikate, sowie die tonigen Substanzen unter Bildung von Sulfaten.

Eisenvitriol, gleichfalls entstanden aus der Verwitterung von Eisenkies und Markasit. Zersetzt Kalzium- und Magnesiumkarbonat unter Bildung von Gips bzw. Magnesiumsulfat und Eisenoxydhydrat; desgleichen kohlenstoffhaltige Alkalien unter Bildung von Alkalisulfaten.

Gips, hervorgegangen aus der Verwitterung von Eisenkies oder von Markasit in kalkhaltigen Gesteinen resp. durch Einwirkung des Schwefeldioxydgehaltes der Luft auf solche Gesteine. Zersetzt Magnesiumkarbonat unter Bildung von Magnesiumsulfat und Kalziumkarbonat.

413. Erfahrungsmäßig wirken alle jene sekundären Verwitterungsagentien ungleich energischer auf die Zersetzung der meisten gesteinsbildenden Mineralien ein als die Atmosphärien an und für sich, und es erklärt dieser Umstand insbesondere die Erscheinung, daß der **Verwitterungsprozeß der Silikate** erst dann einen auch in verhältnismäßig kürzeren Zeiträumen bemerkbaren Fortgang nimmt, wenn das erste Stadium desselben durch die Wirkung des kohlenensäurehaltigen Wassers bereits eingeleitet und bis zur reichlichen Bildung kohlenaurer Alkalien vorgeschritten ist¹⁾.

Unter den erratischen Gesteinen unserer Tiefebene finden sich solche, deren Feldspat nur an der Oberfläche des Gesteins eine unbedeutende chemische Umwandlung erkennen läßt. Namentlich ist dies der Fall beim Orthoklas gewisser häufig vorkommender roter Felsitporphyre.

Man darf daraus mit Recht schließen, daß völlig frischer Feldspat, selbst in tausendjährigen Zeiträumen, nur mäßige

¹⁾ Experimentell wurde die Zersetzbarkeit des Feldspats durch kohlenaurer Alkalien in folgender Weise festgestellt:

a) 3 g fein gepulverter, vollkommen frischer Kalifeldspat (Mikroclin) von Arendal wurden mit einer Lösung von 50 g Natriumkarbonat in 500 g mit Kohlenensäure gesättigtem Wasser in geschlossener Flasche 2 Monate hindurch unter täglich mehrmaligem Umschütteln behandelt. Das Filtrat enthielt 0,0285 g Kieselsäure, entsprechend 0,264 g zersetztem Feldspat oder 0,88 % der angewandten Gewichtsmenge des Minerals. Destilliertes, mit Kohlenensäure gesättigtes Wasser zeigte nach zweimonatlicher Einwirkung auf die gleiche Quantität Kalifeldspat nur eine kaum wägbar Menge Kieselsäure, die annähernd auf 0,0005 g bestimmt wurde.

b) 3,159 g desselben Mikroklins wurden, fein gepulvert, 30 Minuten lang mit 100 ccm einer 5 % igen Natriumkarbonatlösung gekocht. Im Filtrat wurden nachgewiesen: 0,0202 g Kieselsäure, entsprechend 3,20 % zersetztem Feldspat.

c) In gleicher Weise mit kochender Natriumkarbonatlösung wurden behandelt: 3,769 g Labradorit von Brisbane in Queensland; es wurden gelöst 0,200 g Kieselsäure = 1,33 % zersetztem Labradorit; ferner: 3,027 g Hornblende von Arendal; gelöst wurden 0,0128 g Kieselsäure = 2,11 % zersetzter Hornblende.

Anmerkung: Nach St. Clair Deville zerfallen die Feldspäte beim Kochen mit konz. Ätzalkalilösung in ein lösliches Alkalisilikat und ein durch Säuren zersetzbares Alkalitonerdesilikat.

chemische Veränderungen durch die Atmosphärrillen erfährt¹⁾.

Dieselbe Annahme darf aber auch für alle andern felsbildenden Silikate gemacht werden, da diese erfahrungsmäßig der Einwirkung der Atmosphärrillen in gleichem oder noch höherem Maße zu widerstehen vermögen als der Feldspat.

Dagegen haben die an älteren Bauwerken ausgeführten Beobachtungen ergeben, daß Gesteine mit mäßig angewittertem Feldspat und solche mit teilweise zersetzter Hornblende, schon nach 100 bis 200 Jahren ein recht erhebliches Fortschreiten der Verwitterung dieser Mineralien an der Oberfläche des Gesteins aufweisen.

414. Durch die Feststellung dieser wichtigen Tatsachen hat die Frage nach den Verwitterungsbedingungen der kristallinen Silikatgesteine in Bauwerken eine unerwartet einfache Lösung gefunden, die in folgenden Erfahrungssätzen gipfelt:

1. Im allgemeinen sind die Silikatgesteine in vollkommen frischem Zustande einer namhaften chemischen Umänderung durch die Atmosphärrillen innerhalb der für Bauwerke in Betracht kommenden Zeiträume nicht unterworfen.
2. Zeigen jedoch einzelne Gemengteile bereits im Bruchgestein eine beträchtliche chemische Umwandlung, so schreitet der Ver-

¹⁾ Es bezieht sich dies lediglich auf die chemische Verwitterung. Dagegen ist es bekannt, daß der Feldspat, namentlich grobkörniger Granite, in nach Süden gekehrten Mauerwänden zufolge starker Sonnenbestrahlung in verhältnismäßig kurzer Zeit rissig werden kann. Andererseits trägt die Bearbeitung der Gesteinsoberfläche dazu bei, der Frostwirkung Eingang zu verschaffen. Jedes Feldspat- und Quarzkorn, welches vom Spitz Eisen getroffen wird, erhält dadurch mehrfache Risse, die das Wasser aufsaugen und demnach durch den Frost erweitert und verlängert werden. So pflanzen sich die Risse allmählich nach der Tiefe zu fort, und es entstehen hierdurch die parallel der Oberfläche stattfindenden Auflockerungen und Abbröckelungen, wie sie häufig an scharf bearbeiteten Granitquadern zu beobachten sind.

Nicht unerwähnt mag hier bleiben, daß man im Gebirge, an der Oberfläche der aus Silikatgestein bestehenden Felswände, den Feldspat meist mehr oder weniger stark chemisch zersetzt findet. Aber nicht nur, daß hier die Bedingungen der Zersetzung infolge des humus- und kohlen säurehaltigen Sickerwassers, welches die Felsen stets feucht erhält, überaus günstige sind, handelt es sich bei einer solchen oft nur wenige Millimeter starken Verwitterungsrinde um das Produkt einer Zersetzung, welche so lange auf das Gestein eingewirkt hat, als die Felswand den Atmosphärrillen ausgesetzt war.

witterungsprozeß auch unter der Einwirkung der Atmosphärlilien fort, und zwar unter sonst gleichen Verhältnissen um so schneller, je größer die in der Erdrinde erlittene Umwandlung war.

Über die Bestimmung des Verwitterungsgrades der Gesteinsgemengteile durch mikroskopische Untersuchung der Gesteine in Dünnschliffen s. Kap. 10, S. 152 u. f.

415. Bei der nachfolgenden Übersicht über das Verhalten der gesteinsbildenden Mineralien gegen die Wirkung der Atmosphärlilien sollen nur diejenigen Veränderungen berücksichtigt werden, welche die betreffenden Mineralien erfahrungsgemäß innerhalb der für Bauwerke in Betracht kommenden Zeiträume aufweisen. Diesem Zeitmaßstab entsprechen auch die Bezeichnungen: wetterbeständig, schnell oder langsam bzw. leicht oder schwer verwitterbar.

A. Wesentliche Bestandteile der Gesteine.

Quarz. SiO_2 .

- a) In reinem sowie in kohlenensäurehaltigem Wasser unlöslich.
- b) In Lösungen von kohlen-säuren Alkalien zeigt der Quarz eine nicht unbeträchtliche Löslichkeit¹⁾. So findet man auch, daß die aus der Oberfläche stark zersetzter Granitquadern herausragenden Quarzkörner nicht selten auffallend geglättet sind, gleichsam wie abgewaschen aussehen, eine Erscheinung, welche durch die Einwirkung des bei der Feldspatzeretzung gebildeten Alkalikarbonats zu erklären ist. Eine chemische Zersetzung erleidet der Quarz nicht.
- c) Sonnenwärme und Frost erweisen sich nur dann wirksam, wenn der Quarz in größeren zusammenhängenden Massen von granulöser Struktur auftritt.

Von allen gesteinsbildenden Mineralien zeigt der Quarz die größte Widerstandsfähigkeit gegen die Wirkung der Atmosphärlilien.

¹⁾ Bekanntlich ist amorphe Kieselsäure in einer Lösung von kohlen-säuren Alkalien leicht und vollkommen auflöslich. Aber auch der Quarz widersteht der gedachten Einwirkung nicht, wie folgender Versuch lehrt. 1,473 g Bergkristall von Mine d'or, Dép. Isère wurden grob gepulvert und mit 175 g einer 8%igen Sodalösung 2 Stunden gekocht. Es gingen in Lösung 0,0115 g Kieselsäure = 0,8% der angewandten Gewichtsmenge Bergkristall.

- Feldspat.** Orthoklas, Mikroklin: $K_2Al_2Si_6O_{16}$.
 Albit: $Na_2Al_2Si_6O_{16}$.
 Sanidin: $(K_2Na_2)Al_2Si_6O_{16}$.
 Oligoklas, Labradorit und Andesin: $n(Na_2Al_2Si_6O_{16})$
 + $CaAl_2Si_2O_8$.
 Anorthit: $CaAl_2Si_2O_8$.

- a) In reinem Wasser unlöslich.
 b) In kohlensäurehaltigem Wasser äußerst langsam zersetzbar unter Abscheidung von amorpher Kieselsäure, Kaolin ($H_4Al_2Si_2O_9$) und von Kaliumkarbonat beim Orthoklas, Mikroklin und Sanidin, — Natriumkarbonat beim Albit, — Kalziumkarbonat beim Anorthit, — Kalzium- und Natriumkarbonat beim Oligoklas, Labradorit und Andesin.

Anmerkung: Erfahrungsmäßig verwittern die Doppelsilikate unter der Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers um so schwerer, je kieselssäurereicher sie sind, und bei gleichem Kieselsäuregehalt um so leichter, je größer ihr Kalkgehalt ist. Deshalb findet man häufig in den Gesteinen stark zersetzten Oligoklas und Anorthit neben frischem Orthoklas. Aber auch der umgekehrte Fall ist beobachtet worden und dürfte durch die Einwirkung kohlensaurer Alkalien zu erklären sein, welche Kalifeldspat leichter anzugreifen scheinen als Kalknatronfeldspat.

- c) Durch den Kohlensäure- und Sauerstoffgehalt der Luft resp. des Wassers wird der Eisengehalt des Feldspats in Eisenoxydhydrat umgewandelt. Auch dieser Prozeß geht bei völlig frischem Feldspat nur sehr langsam von statten.

Anmerkung: Im allgemeinen nimmt man an, daß eisenhaltige Silikate schneller verwittern als eisenfreie. Es gilt dies besonders von den Alkali-Tonerdesilikaten. In den Kalkmagnesiumsilikaten (Augit, Hornblende) erweist sich die Eisenverbindung äußerst widerstandsfähig gegen den oxydierenden Einfluß der Atmosphärien.

- d) Durch kohlensaure Alkalien, wie sie aus der Verwitterung des alkalihaltigen Feldspats entstehen, wird die noch unzersetzte Feldspatsubstanz verhältnismäßig stark angegriffen. Es bildet sich lösliches Alkalisilikat und ein in Säuren zersetzbares Alkali-Tonerdesilikat, welches letztere, bei Gegenwart von Eisenkies in dem zersetzten Gestein, in Alkali- und Aluminiumsulfat umgewandelt wird.
 e) Schwefelsäure, welche aus der Zersetzung von eingesprengtem Eisenkies im Gestein entstehen kann, wirkt auf Orthoklas und Albit in frischem Zustande nicht merklich ein. Befinden sich diese Minerale aber bereits in angewittertem Zustande, so wird der Zersetzungsprozeß durch die Einwirkung der Schwefelsäure

wesentlich beschleunigt. Oligoklas und Labradorit werden auch in frischem Zustande durch Schwefelsäure in beträchtlichem Grade angegriffen, Anorthit vollkommen zersetzt.

- f) Die Sonnenwärme wirkt namentlich auf größere Feldspatkristalle infolge ihrer ungleichen Ausdehnungsfähigkeit nach den verschiedenen Richtungen derartig ein, daß die Kristalle nach den Spaltungsrichtungen feine Risse bekommen. Durch den Frost können solche rissigen Kristalle dann vollständig zersprengt werden.

Insbesondere unterliegen diesem mechanischen Verwitterungsprozeß die großen Kristalle von Kalifeldspat in grobkörnigen Graniten und in Felsitporphyren, sowie die großen Sanidinkristalle in gewissen Trachyten. Die kleinen Feldspatindividuen in feinkörnigen Gesteinen zeigen diese Erscheinung nicht oder doch nur in sehr geringem Maße.

Nephelin. $(\text{Na}, \text{K})_2 \text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$. **Leucit.** $\text{K}_2 \text{Al}_2 \text{Si}_4 \text{O}_{12}$. **Melilith.** $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Na}_2)_{12} (\text{Al}, \text{Fe})_2 \text{Si}_9 \text{O}_{36}$.

Diese drei Mineralien zeigen im allgemeinen analoge chemische Verwitterungserscheinungen wie die Feldspäte (siehe b, 1 bis 5).

- a) Sind die genannten Mineralien im Bruchgestein vollständig frisch, so dürfen sie, bei Abwesenheit von Eisenkies im Gestein, als wetterfest gelten. Erscheinen sie aber bereits mehr oder weniger angewittert, was durch die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen nachzuweisen ist, so werden sie beträchtlich schneller als die Feldspäte zerstört.

Unter Umständen nehmen Nephelin und Leucit Wasser auf und verwandeln sich in eine faserige zeolithische Masse.

- b) Durch Schwefelsäure sind die genannten Mineralien leicht und vollkommen zersetzbar unter Abscheidung von Kieselsäure. In Gesteinen mit reichlichem Eisenkies werden sie, selbst in frischem Zustande, stark angegriffen.

Glimmer. Kaliglimmer (Muskovit) $\text{H}_2 \text{KAl}_3 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$. Magnesia-glimmer (Biotit) $\text{H}_2 \text{KAl}_3 \text{Si}_3 \text{O}_{12} + n \text{Mg}_2 \text{SiO}_4$.

Kaliglimmer:

- a) Gegen die chemischen Agentien der Atmosphären und ebenso gegen die bei der Gesteinsverwitterung entstehenden sekundären Agentien (alkalische Lösungen und Schwefelsäure) in hohem Grade widerstandsfähig.

Selbst in geologischen Zeiträumen verwittert der Kaliglimmer äußerst schwer. Die kleinen Glimmerblättchen in den Tertiär- und Diluvialsanden sind häufig noch vollständig frisch; desgleichen die

Glimmerblättchen in den zu Grus verwitterten Graniten und kristallinen Schiefeln.

- b) Bei beginnender Verwitterung wird der Kaliglimmer gold- bis messinggelb und überzieht sich endlich mit einer ockergelben Haut.

Anmerkung: Der nach seiner Zusammensetzung zum Kaliglimmer gehörige, äußerlich talkähnliche Sericit zeigt ein dem Muskovit entsprechendes Verhalten, d. h. er ist gegen die atmosphärischen Agentien äußerst widerstandsfähig.

Magnesiaglimmer:

- c) Ist beträchtlich leichter zersetzbar als der Kaliglimmer; dennoch zeigen Gesteine hundertjähriger Bauwerke noch das vollkommen frische Mineral.
- d) Nur wenn Magnesiaglimmer mit verwitterndem Eisenkies zusammen im Gestein vorkommt, wird er merklich angegriffen, da er im Gegensatz zum Kaliglimmer durch Schwefelsäure zersetzbar ist.
- e) Bei beginnender Verwitterung wird der Magnesiaglimmer bräunlichgrün bis braunrot und matt.
- f) Da beide Glimmerarten sehr vollkommen spaltbar sind, so vermag das eingedrungene Wasser beim Gefrieren das Mineral aufzublättern.

Chlorit. $H_6(Fe, Mg)_1Al_2Si_2O_{14}$.

- a) Das Mineral erweist sich, da ihm Kalk und Alkalien fehlen, noch schwerer chemisch zersetzbar als Kaliglimmer.
- b) Bei eintretender Verwitterung geht die dunkelgrüne Chloritfarbe in unrein blaugrün, grüngelb bis ockergelb über.
- c) Nur in älteren Baugesteinen mit verwittertem Eisenkies ist eine geringe Umwandlung des Chlorits beobachtet worden.

Talk. $H_2Mg_3Si_4O_{12}$.

- a) Gegen die chemischen Agentien der Atmosphärrillen vollständig widerstandsfähig; von Schwefelsäure zersetzbar, aber in geringerem Grade als Chlorit.

Serpentin. $H_2Mg_3Si_2O_8 + aq$.

- a) Wird durch kohlen säurehaltiges Wasser unter Bildung von Magnesiumkarbonat und Abscheidung von Kieselsäure zersetzt, und zwar geht dieser Prozeß auch unter der Einwirkung des Regenwassers in verhältnismäßig kurzen Zeiträumen vor sich. Polierte Architekturteile von Serpentin (Säulen usw.) zeigen schon nach wenigen Jahrzehnten eine raue Oberfläche.

- b) Lösungen von kohlensauren Alkalien greifen Serpentin stark an, und durch Schwefelsäure wird er leicht und vollständig zersetzt.

Augit (Pyroxen). $(Ca, Mg, Fe) SiO_3 + Al_2O_3$.

- a) Ist bedeutend widerstandsfähiger gegen die Einwirkung der Atmosphärrilien als Feldspat und darf deshalb bei frischer Beschaffenheit im Bruchgestein als vorzüglich wetterbeständig gelten.

Selbst an der verwitterten Felsoberfläche von Basalt und Dolerit ragen aus der Verwitterungsrinde die Augitkristalle meist noch mit glänzenden Flächen hervor, während Labrador und Leucit längst vollkommen ausgewittert sind. Etwas leichter verwittern die sehr kalk- und tonerdereichen Augite.

- b) Zeigt der Augit bereits im Bruchgestein einen namhaften Verwitterungsgrad, so werden durch die Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers bezw. der Lösungen kohlensaurer Alkalien in augithaltigen Baugesteinen Kalziumkarbonat und Eisenkarbonat gebildet, welches letztere sich infolge des oxydierenden Einflusses der Luft, unter Mitwirkung des Wassers, in Eisenoxydhydrat verwandelt.
- c) In Gesteinen, welche Eisenkies enthalten, vermag die durch Verwitterung desselben entstehende Schwefelsäure frischen Augit kaum merklich anzugreifen, da das Mineral selbst in seinen eisenreichen Varietäten von Säuren nur sehr schwer und unvollkommen zersetzt wird. Dagegen unterstützt die Schwefelsäure den Zersetzungsprozeß bei bereits in Verwitterung begriffenen Augiten und bildet Kalzium- und etwas Aluminiumsulfat.
- d) Ein Restprodukt der Augitzersetzung ist der Serpentin. Manche augitischen Bruchgesteine enthalten das Mineral bereits in diesem Zersetzungsstadium. Über das Verhalten des Serpentin s. oben.

Hornblende (Amphibol). $(Ca, Mg, Fe) SiO_3 + Al_2O_3$.

1. Gemeine Hornblende (Gemengteil plutonischer Gesteine und kristallinischer Schiefer).
- a) Zeigt annähernd dasselbe Verhalten gegen Atmosphärrilien wie der Augit und ist deshalb bei frischer Beschaffenheit im Bruchgestein als vorzüglich wetterbeständig zu bezeichnen.
- b) Ist die Verwitterung der Hornblende bereits im Bruchgestein eingeleitet, so schreitet sie wegen der vollkommenen Spaltbarkeit des Mineralen schneller fort als beim Augit.

2. Basaltische Hornblende (Gemengteil paläo- und neovulkanischer Gesteine).

- a) Ist leichter verwitterbar als die gemeine Hornblende, dennoch aber bei frischer Beschaffenheit im Bruchgestein durchaus wetterbeständig.
- b) In den meisten der betreffenden Gesteine zeigt die basaltische Hornblende aber nicht nur Sprünge nach den Spaltungsrichtungen, sondern auch bereits eisenoxydhaltige tonige Verwitterungsausscheidungen. Ist die Verwitterung nicht besonders stark, so ist ein Fortschreiten derselben im Baugestein erst in hundertjährigen Zeitabschnitten deutlich wahrnehmbar.
- c) Wird von Schwefelsäure leichter zersetzt als gemeine Hornblende und Augit.

Diallag. $(Ca, Mg, Fe, Mn) SiO_3 + Al_2O_3$.

Hypersthen. $(Fe, Mg) SiO_3$. — Bronzit. $(Mg, Fe) SiO_3$. —

Enstatit. $MgSiO_3$.

- a) Diese der Augitreihe angehörigen Mineralien zeichnen sich durch eine mehr oder weniger vollkommene Spaltbarkeit aus. Größere Kristalle werden durch Einwirkung der Sonnenwärme, sowie durch die Wirkung des Frostes im Laufe der Zeit rissig oder blätterig. Im übrigen sind sie sämtlich durchaus wetterbeständig.
- b) Gegen Schwefelsäure verhalten sie sich vollständig widerstandsfähig.

Die mitunter in plutonischen und vulkanischen Gesteinen, wie in den Porphyren, Basalten, Doleriten und Trachyten vorkommenden basischen, eisenoxydulhaltigen **Glaseinschlüsse**, welche in Säuren leicht zersetzbar sind, erweisen sich auch unter dem Einfluß der Atmosphärilien verhältnismäßig wenig widerstandsfähig. Gesteine, welche solche Einschlüsse enthalten, können sich schon in wenigen Jahrzehnten mit einer rostbraunen Rinde von Eisenoxydhydrat überziehen.

Kalkspat. $CaCO_3$.

- a) In reinem Wasser nahezu unlöslich; in kohlenensäurehaltigem Wasser, unter Bildung von Kalziumbikarbonat, je nach dem Gehalt des Wassers an Kohlensäure, mehr oder weniger löslich, und zwar bis zu 0,3 Tl. Kalkspat in 1000 Tl. Wasser, während amorphes Kalziumkarbonat sich darin bis zu 1,0 Tl. löst.

Für kalkhaltige Baugesteine kommt diese Eigenschaft im allgemeinen nur in hundertjährigen Zeiträumen und auch da

nur als sehr geringfügige Verwitterungserscheinung in Betracht. Da aber die Bodenfeuchtigkeit bei einem starken Humusgehalt verhältnismäßig reicher an Kohlensäure ist, so werden in diesem Falle die kalkhaltigen Baugesteine des Sockelmauerwerks stärker angegriffen werden, als die des aufsteigenden Mauerwerks.

- b) Durch Schwefelsäure und schweflige Säure vollständig zersetzbar unter Bildung von Gips.

Der in der Atmosphäre namentlich größerer Städte und Fabrikorte vorkommende Gehalt an SO_2 wird vom Regenwasser und in noch reichlicherer Menge vom Schnee aufgenommen, und es können demnach die meteorischen Niederschläge nicht nur auflösend, sondern auch zersetzend auf Kalksteine einwirken. Für kalkhaltige Bausteine, namentlich des aufsteigenden Mauerwerks, kommt jedoch auch diese Wirkung nur in hundertjährigen Zeiträumen als untergeordnete Verwitterungserscheinung zur Geltung. An vorspringenden Architekturteilen sowie an Bildwerken aus Kalkstein bzw. Marmor ist die gedachte Einwirkung namentlich an denjenigen Stellen, auf welchen der Schnee liegen bleiben kann, schon in einigen Jahrzehnten bemerkbar. Die glatte Oberfläche des Marmors wird rau, und an etwa hundertjährigen Bildwerken zeigt sich bis zu einer geringen Tiefe eine merkliche Auflockerung des Gesteinsgefüges.

Eine starke Verwitterung bewirkt der in Kalksteinen oder kalkhaltigen Gesteinen mitunter eingesprengte Eisenkies bei seiner Zersetzung.

- c) Humussäuren, die sich aus der Zerstörung pflanzlicher Stoffe im Boden bilden, zersetzen Kalziumkarbonat unter Bildung von humussaurem Kalk. In torfigem oder sonst stark humosem Boden sollten daher kalkhaltige Gesteine, namentlich auch Sandsteine mit kalkigem Bindemittel zu Fundament und Sockelmauern nicht verwendet werden.
- d) Salpetersäure, die ebenfalls bei dem Fäulnisprozeß organischer Substanzen entsteht, zersetzt Kalziumkarbonat unter Bildung von löslichem Kalziumnitrat.
- e) Durch Chlormagnesium, Chlornatrium, Natrium-, Magnesium- und Ammoniumsulfat wird der kohlensaure Kalk unter Bildung löslicher Chloride bzw. Sulfate zersetzt.

Diese Prozesse sind bei der Beurteilung kalkhaltiger Gesteine, welche zu Bauten im Meerwasser Verwendung finden

sollen, in Betracht zu ziehen, da das Meer die genannten Stoffe in namhafter Menge enthält (s. Abs. 360).

Dolomitspat (Ca, Mg) CO₃.

Das Kalzium-Magnesiumkarbonat ist in kohlensäurehaltigem Wasser etwas leichter löslich als das Kalziumkarbonat. Wenn trotzdem aus dolomitischen Gesteinen in der Regel zunächst der kohlensaure Kalk ausgelaugt wird, so hat das seinen Grund wohl lediglich in den Strukturverhältnissen der betreffenden Felsarten. Gewöhnlich sind in denselben die kristallisierten Dolomitmörner durch Kalkspatmasse miteinander verbunden, deren lockeres Gefüge der auflösenden Wirkung des Wassers einen geringeren Widerstand als die kompakte Struktur der Dolomitmörner entgegengesetzt.

Im übrigen unterliegt der Dolomitspat den Verwitterungsagentien in gleicher Weise wie der Kalkspat (s. Abs. b bis e).

Gips (CaSO₄ + 2 H₂O).

- a) In gewöhnlichem Wasser im Verhältnis von 2,5 : 1000 löslich. Ein Kohlensäuregehalt im Wasser vermehrt die Löslichkeit nicht.

Wo Gipssteine zu älteren Bauwerken Verwendung gefunden haben, wie z. B. in der Umgebung des südlichen Harzes, beobachtet man, daß trotz der verhältnismäßig beträchtlichen Löslichkeit des Minerals die Oberflächen der Steine an hundertjährigen Bauten nur einen geringfügigen Ablösungsdefekt erlitten haben.

- b) Bei Gegenwart von Chlornatrium und von Natriumsulfat steigt die Löslichkeit des Gipses in Wasser sehr beträchtlich. 122 Tl. einer gesättigten Kochsalzlösung nehmen 1 Tl. Gips auf.

Kaolin (H₄Al₂Si₂O₉) und sonstige tonige Substanzen.

- a) In gewöhnlichem und kohlensäurehaltigem Wasser unlöslich.
- b) Von Schwefelsäure (die durch Zersetzung von Eisenkies in tonigen Gesteinen entstehen kann) angegriffen unter Bildung von Aluminiumsulfat.
- c) Unter Einwirkung kohlensaurer Alkalien (wie sie aus der Zersetzung von Alkalitonerdesilikaten im Gestein hervorgehen) bilden sich wiederum lösliche Verbindungen von kieselsaurer Tonerde und Alkali.

B. Nebenbestandteile der Gesteine.

Granat $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$.

Wird von kohlensäurehaltigem Wasser und von Schwefelsäure so wenig angegriffen, daß das Mineral bei Beurteilung der Bausteine als unzersetzbar gelten darf.

Olivin $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$.

- a) Die in frischem Zustande des Minerals meist olivgrüne Färbung ändert sich unter dem Einfluß von Luft und Wasser durch Oxydation des Eisenoxyduls in unrein gelbgrün bis bräunlichgrün um.
- b) Durch Schwefelsäure zersetzbar unter Bildung von Magnesiumsulfat und Ausscheidung von Kieselsäure.

In Baugesteinen kommt diese Umwandlung nur in sehr geringem Maße in Betracht, es sei denn, daß der Olivin bereits erheblich angewittert war und das Gestein reichlich Eisenkies enthielt.

- c) Da größere Olivinkristalle häufig von Sprüngen durchzogen sind, so pflegen die Kristalle durch den Frost leicht zersprengt zu werden und bröckeln dann aus der Gesteinsoberfläche heraus.

Eisenkies (syn. Schwefelkies, Pyrit) } FeS_2 .

Markasit (syn. Strahlkies, Wasserkies) }

Magnetkies Fe_6S_7 bis $\text{Fe}_{11}\text{S}_{12}$.

Eisenkies ist in feuchter Luft, namentlich als Bestandteil toniger, stark wasseraufsaugender Gesteine leicht zersetzbar unter Bildung von Eisenvitriol und freier Schwefelsäure.

Markasit verwittert erheblich leichter als Eisenkies. Da die Schwefelsäure den größten Teil der felsbildenden Minerale mehr oder weniger stark angreift und namentlich die Karbonate leicht und vollständig zersetzt, so sind Eisenkies und Markasit als die wirksamsten Ursachen der chemischen Verwitterung der Bausteine zu bezeichnen.

Magnetkies kommt bei weitem seltener vor und liefert bei seiner Zersetzung nur eine geringe Menge freier Schwefelsäure.

Magneteisenerz Fe_3O_4 .

Titaneisenerz $(\text{Fe}, \text{Ti})_2\text{O}_3$.

Magneteisen und namentlich Titaneisen sind durch die Atmosphärien nur äußerst schwer in Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat zersetzbar, so daß sie in Baugesteinen als vollständig wetterbeständig zu betrachten sind. Bei der gänzlichen Verwitterung der Gesteine zu Grus

zeigen sie noch eine durchaus frische Beschaffenheit. Auch im Diluvialsand finden sie sich z. T. noch in unzersetztem Zustande.

Roteisenstein Fe_2O_3 .

Brauneisenstein $\text{Fe}_4\text{O}_3(\text{OH})_6$.

Eisenerocker $\text{Fe}_2\text{O}(\text{OH})_4$.

- a) Roteisenstein wird durch die Atmosphärien nicht verändert. Der Verwitterungsboden eisenoxydhaltiger Buntsandsteine und Keupermergel zeigt noch die frische rote Farbe des Eisenoxyds. Auch Brauneisen und Eisenerocker erleiden keine Veränderung.
- b) Durch Schwefelsäure wird Roteisen sehr wenig, Brauneisen und Eisenerocker nur langsam zersetzt.

Graphit C.

Ist unter dem Einfluß der Atmosphärien, wie auch durch Säuren unveränderlich.

Kohle und sonstige organische Beimengungen der Gesteine (Bitumen).

- a) Kohlige Substanzen von annähernd gleicher Zusammensetzung wie die Steinkohlen und Braunkohlen, die sich namentlich in Sandsteinen finden, sind zwar an und für sich als unverwitterbar zu bezeichnen, infolge ihrer hygroskopischen Eigenschaften wirken sie aber mehr oder weniger ungünstig auf die Widerstandsfähigkeit des Gesteins ein; auch vermindern sie dessen Festigkeit.
- b) Die bituminösen (kohlenwasserstoffhaltigen), organischen Substanzen verwittern durch Oxydation unter Bleichung ihrer Farbe und üben eine reduzierende Wirkung auf die bei der Zersetzung von Eisenkies in den Gesteinen ev. entstehenden Alkali- und Erdalkalisulfate aus. Dieselben werden in Sulfide verwandelt, welche wiederum bei Einwirkung von Wasser, unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff, zersetzt werden. Namentlich in bituminösen Kalksteinen und Tonschiefern kommen derartige Zersetzungen vor und wirken hier sehr ungünstig auf die Dauerhaftigkeit des Gesteins ein. Überdies erhöht ein größerer Bitumengehalt meistens die hygroskopische Eigenschaft des Gesteins.

Anmerkung: Die sonst als akzessorische Gesteinsbestandteile vorkommenden Mineralien, wie Apatit, Zirkon, Titanit, Epidot, Korund, Andalusit, Chistolith, Staurolith, Cordierit, Turmalin und Rutil, sind so vollkommen wetterbeständig, daß sie, zumal bei ihrem untergeordneten Auftreten in den Baugesteinen, für die Beurteilung derselben nicht in Betracht kommen.

Kapitel 19.

Der Einfluß des Frostes auf die Gesteinsverwitterung.

416. Wie in Kapitel 14 des näheren erörtert worden ist, vermag der Frost nur dann auf wassergetränkte Gesteine zerstörend einzuwirken, wenn die Poren derselben nahezu vom Wasser erfüllt sind. Als oberer Grenzwert für frostbeständige Gesteine darf im allgemeinen ein Sättigungskoeffizient von 0,8 angenommen werden. Für geschichtete Gesteine, in denen das Wasser eine sehr ungleiche Verteilung \parallel und \perp zur Schichtung erfährt, gilt jedoch bereits 0,7 als Grenzwert, während sehr dichte Gesteine, die bei 150 Atm. weniger als 1,3 % Wasser aufnehmen, selbst bei einem höheren Sättigungskoeffizienten als 0,8 sich noch als frostbeständig erweisen.

417. Von seiten mancher Autoren ist die Ansicht vertreten worden, daß die Frostbeständigkeit eines Gesteins auch dessen Wetterbeständigkeit gewährleiste. In dieser Allgemeinheit ist der Satz jedoch durchaus nicht zutreffend. Wohl wissen wir, daß mancherlei Gesteine, welche in unserem Klima nur wenige Jahrzehnte der Verwitterung widerstehen würden, in südlichen Gegenden sich als vortrefflich haltbare Baumaterialien erweisen; aber ebenso bekannt ist, daß es in frostfreien Ländern an stark verwittertem Gesteinsmaterial bei älteren Bauwerken nicht fehlt, wie es denn auch an vielen unserer heimischen Gesteine mit Sicherheit nachweisbar ist, daß sie lediglich durch chemische Prozesse der Zerstörung anheimfallen.

Es darf aber behauptet werden, und die Untersuchungen in Teil V u. f. geben hierfür umfassende Belege, daß die Frostwirkung in zahlreichen, ja vielleicht in den meisten Fällen, wenn auch nicht die alleinige, so doch die bedeutsamste Ursache der Verwitterung ist. Nur darf man hierbei nicht ausschließlich an die durch den Frost bedingten größeren Spalten- und Rißbildungen denken, welche unter Umständen schon nach mehrmaligem Gefrieren des wassergesättigten Gesteins entstehen; vielmehr handelt es sich bei der Verwitterung der meisten Gesteine um die im Laufe langer Zeiträume durch den Frost sich bildenden mikroskopischen Kapillarrisie, welche zunächst an der Oberfläche der Gesteine auftreten und, indem sie allmählich tiefer eindringen, sich vermehren und erweitern, den Zusammenhang des Gesteins in seiner Gesamtmasse zu lockern vermögen.

418. Die verschiedenartige Wirkungsweise des Frostes bei der Zerstörung der Gesteine ist im wesentlichen abhängig von ihrer kohärenten und strukturellen Beschaffenheit.

Wo Gesteine von größeren Spalten durchzogen sind, sei es, daß dieselben ursprünglich vorhanden waren oder erst bei der Gewinnung der Felsblöcke mittels Sprengarbeit bzw. bei der Bearbeitung des Materials zu Werksteinen entstanden sind, da vermag der Frost in kurzer Zeit, mitunter schon bei einmaliger Einwirkung, größere Stücke des Gesteins abzusprengen und unter Umständen ganze Werkstücke zu zerklüften. Dieser vehemente Vorgang soll als „Spalt-Frostwirkung“ bezeichnet werden.

Bei geschichteten und in noch höherem Grade bei schieferigen Gesteinen, bei denen das Wasser zwischen die parallelen Schichtflächen eindringt, kann der Frost unter Umständen eine stetig fortschreitende Abblätterung des Gesteins hervorrufen, so daß namentlich an Werkstücken, welche im Mauerwerk „auf den Spalt gestellt“ sind, sich schon in wenigen Jahren beträchtliche Defekte ergeben, wofür die Bezeichnung „Schicht-Frostwirkung“ in Vorschlag gebracht wird.

Ist das Gestein von zusammenhängenden feinen Poren oder von Haarrissen durchzogen, so wirkt der Frost unter Umständen derartig ein, daß erst im Laufe von Jahrzehnten eine Lockerung des Gesteinsgefüges ohne ausgesprochene Spaltbildung, bemerkbar wird. Es mag hierfür die Bezeichnung „Poren- bzw. Kapillar-Frostwirkung“ dienen.

Zu der letztgenannten Kategorie darf auch die Frostwirkung gerechnet werden, welche auf das Vorhandensein solcher Ribbildungen zurückzuführen ist, wie sie durch Bearbeitung der Gesteinsoberfläche mittels des Spitz- und Stockhammers entstehen und zu dem sog. „Absanden“ der Oberfläche, unter dem Einfluß des Frostes, Veranlassung geben.

419. Im allgemeinen läßt sich aber nicht annehmen, daß die Poren des Gesteins sämtlich in vollkommen gleichem Maße von dem eindringenden Wasser erfüllt werden. Wäre dies der Fall, dann müßte der obere Grenzwert des Sättigungskoeffizienten für frostbeständige Gesteine auf 0,9 normiert werden, gemäß der Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren um ca. $\frac{1}{10}$ seines Volumens.

Aus zahlreichen Bestimmungen ist festgestellt worden, daß der ungleichen Wasserfüllung der Poren hinreichend entsprochen wird,

durch Einführung des niedrigeren Grenzwertes von 0,8 in die bezügliche Berechnung.

Wenn nun vorauszusetzen ist, daß die meisten porösen Gesteine, selbst bei niedrigem Sättigungskoeffizienten, vereinzelt solche Poren enthalten, welche vom Wasser nahezu vollkommen erfüllt werden, so wird in ihnen auch das gefrierende Wasser einen Druck auf die Porenwände ausüben. Die hierdurch hervorgerufene geringe Gefügeänderung kann aber im Laufe der Jahrhunderte zu einer allmählichen Auflockerung des Gesteins führen, ohne daß dieselbe als Frostwirkung zu erkennen wäre.

Viele, nach ihrem allgemeinen Verhalten als wetterbeständig zu bezeichnende Gesteine alter Bauwerke zeigen bis zu beträchtlicher Tiefe eine geringe Festigkeitsverminderung, obgleich eine dieselbe erklärende substanzielle Änderung nicht nachgewiesen werden kann. In diesem Falle wird man annehmen dürfen, daß neben den durch Temperaturschwankung und Wassereinwirkung hervorgerufenen periodischen Dilatationen des Gesteins, jene partielle Frostwirkung an der betreffenden Gefügelockerung ihren Anteil hat.

Es empfiehlt sich aber die Bezeichnung der Frostunbeständigkeit lediglich auf solche Gesteine zu beschränken, welche durch den Frost eine Zerspaltung, Aufblätterung oder eine augenfällige, schnelle Zermürbung erfahren.

420. Vergleicht man die Strukturverhältnisse frostbeständiger und frostunbeständiger Gesteine miteinander, so findet man, daß die letzteren fast immer von feinporiger bis ziemlich kompakter Beschaffenheit sind. Es erklärt sich diese Tatsache dadurch, daß eine Wasserfüllung bis auf 0,8 des Volumens der Poren nur durch Kapillarwirkung erfolgen kann, die bei grobporigen Gesteinen ausgeschlossen erscheint. Die letzteren erweisen sich daher auch in der Regel als frostbeständig.

421. Insbesondere ist aber bei geschichteten Gesteinen eine feinporige Beschaffenheit von ungünstigem Einfluß auf ihre Frostbeständigkeit. Hierbei darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß es nicht die Parallelstruktur der Gesteinsbestandteile an sich ist, sondern lediglich die damit meist verbundene schichtenförmige Anordnung der Poren und eine dementsprechende Verteilung des Wassers, welche die geringe Widerstandsfähigkeit derartiger Gesteine gegen Frostwirkung verursacht. In dem Maße wie das Gestein feinporiger wird, steigert sich der ungünstige Einfluß der Parallelstruktur.

Geschichtete Gesteine ohne parallele Porenanordnung, wie die kristallinisch-körnigen Silikatgesteine (Gneis, Glimmerschiefer usw.), sind deshalb meistens frostbeständig.

Bei sedimentären Gesteinen darf man in der Regel auf eine schichtenförmige Verteilung des eingedrungenen Wassers dann rechnen, wenn das Gestein beim Zerschlagen mit dem Hammer schiefrige Ablösungen zeigt. Sehr ungünstig in bezug auf Frostbeständigkeit erweist sich auch das Auftreten dünner, poröser Zwischenlagen in dichteren Gesteinen.

422. Sind kompakte Gesteine (dichte und kieselige Kalksteine, Kieselsandsteine, kristallinische Silikatgesteine usw.) von „Stichen“ durchsetzt, so sind sie in jedem Falle als frostunbeständig zu betrachten.

423. Zu den wichtigsten Kriterien der Frostprüfung gehört, neben dem Sättigungskoeffizienten, der Widerstand des Gesteins gegen Wassererweichung, und es gilt hier ausnahmslos die Regel: Alle in Wasser stark erweichbaren Gesteine sind frostunbeständig.

Eine Wassererweichung aber erleiden alle tonigen, mergeligen und erdig-kalkigen Substanzen, nebst den aus sog. klastischen Mineralstaub bestehenden Gesteinsgemengteilen, insoweit dieselben ihren Zusammenhang im wesentlichen der Adhäsionswirkung ihrer feinpulverigen Bestandteile verdanken. Durch den Gebirgsdruck kann ein solcher Zusammenhang erheblich gesteigert werden, und es finden sich deshalb auch erweichungsfähige Gesteine von beträchtlicher Festigkeit.

Treten Substanzen der vorgedachten Art als Bindemittel in sedimentären Gesteinen auf, so können solche Gesteine durch Wassersättigung eine derartige Festigkeitsverminderung erfahren, daß der Erweichungskoeffizient η bis unter 0,5 hinabsinkt.

Gesteine, welche solche in Wasser stark erweichbare Substanzen als Bindemittel oder in anderer Form als wesentliche Gemengteile enthalten, vermögen der Frostwirkung nicht zu widerstehen.

Der Grund hierfür ist folgender:

1. Die tonigen Substanzen verwandeln sich unter Aufnahme von 40 bis 70 % Wasser in mehr oder weniger plastische Massen. In diesem Zustande sind die Zwischenräume zwischen den mikroskopischen Partikeln der Substanz gänzlich vom Wasser erfüllt, so daß der Frost zu voller Wirkung gelangen muß. Nach dem Gefrieren und Auftauen verwandelt sich die Tonsubstanz in eine krümelige Masse, die durch den Regen leicht ausgeschlämmt werden kann.

Wird daher das Gesteinsbindemittel ausschließlich von tonigen oder mergeligen Substanzen gebildet, so muß der Frost das Gestein in verhältnismäßig kurzer Zeit zerstören.

2. Die einfachen und zusammengesetzten, aus staubförmigen Partikeln (Kalkschlamm bezw. klastischem Gesteinsmehl) bestehenden mineralischen Substanzen verhalten sich ganz ähnlich wie die vorgenannten. Auch sie nehmen, falls der Zusammenhang ihrer Teilchen lediglich auf Granular-Adhäsion beruht und nicht etwa durch ein zementierendes Infiltrationsprodukt bedingt wird, etwa 30—50 % Wasser auf und werden dadurch so vollständig gesättigt, daß sie ebenfalls der Frostwirkung erliegen und zu einer pulverulenten Masse zerfallen.

Aus den von Bauschinger¹⁾ und von Hanisch²⁾ an Sandsteinen und Kalksteinen ausgeführten zahlreichen Frostprüfungen ergibt sich, daß alle Gesteine, deren Erweichungskoeffizient kleiner als 0,6 ist, durch den Frost zerstört werden. Der gleiche Nachweis ist durch die diesseitigen Versuche für Grauwacken, Konglomerate und Tonschiefer geführt worden (s. Teil VI und VIII).

Zusammenfassende Betrachtung über die maßgebenden Faktoren für die Frostbeständigkeit der Gesteine.

424. Nach dem Vorstehenden und den Darlegungen in Kap. 14 ist die Widerstandsfähigkeit der Gesteine gegen Frostwirkung im wesentlichen abhängig:

1. von dem Maße der Porenfüllung des Gesteins bei seiner Wasser-sättigung unter gewöhnlichem Druck (Sättigungskoeffizient s. S. 204);
2. von der durch die Anordnung der Gesteinsporen oder durch Einlagerung dünner, stark poröser Zwischenlagen bedingten schichtenförmigen Verteilung des Wassers im Gestein (Verteilungskoeffizient s. S. 118);
3. von dem Grade der Erweichungsfähigkeit des Gesteins in Wasser (Erweichungskoeffizient s. S. 193);
4. von der vollkommen „stichfreien“ Beschaffenheit des Gesteins.

Neben diesen Kriterien der Frostbeständigkeit erweist sich die Festigkeit der Gesteine im allgemeinen als von untergeordneter Bedeutung für ihre Frostwiderstandsfähigkeit. Einige besonders markante Beispiele mögen aus den diesseitigen Beobachtungslisten der Sandsteine hier angeführt werden.

¹⁾ Mitteilungen a. d. mech.-techn. Laboratorium d. Kgl. Techn. Hochschule in München. Heft 19, 1889, S. 20 u. f.

²⁾ A. Hanisch: Resultate der Untersuchung mit Bausteinen usw., Wien 1892, und Frostversuche mit Bausteinen der Österr.-ungar. Monarchie, Wien 1895.

| Fundort des Gesteins | Sättigungs- koeffizient S | Er- weichungs- koeffizient η | Ver- teilungs- koeffi- zient V | Druck- festigkeit des wasser- satten Gesteins in kg pro qcm | Klasse der Frostwider- standsfähig- keit n. Aus- weis d. Ma- terials älterer Bauwerke ¹⁾ |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Ottweiler . . . | 0,907 | 0,61 | 1,020 | 320 | III—IV |
| 2. Wetter a. d. Ruhr | 0,907 | 0,61 | 1,020 | 1040 | III—IV |
| 3. Balhorn b. Kassel | 0,642 | 0,36 | 1,004 | 170 | II—III |
| 4. Olvenstedt . . . | 0,708 | 0,39 | 1,060 | 980 | II—III |
| 5. Am Huckberg bei Riesenbeck . . | 0,625 | 0,47 | 1,118 | 102 | II—III |
| 6. Nebra; dünn- schichtiger Plattensandstein . | 0,670 | 0,52 | 1,274 | 750 | III |

Bei den Gesteinen Nr. 1 und 2 sind die Werte für S , η und V vollkommen übereinstimmend, und auch der Frostbeständigkeitsgrad erweist sich in beiden Fällen gleich, trotzdem die Festigkeit der Gesteine um mehr als das Dreifache voneinander verschieden ist. Ebenso zeigen die Gesteine Nr. 3 und 4 nahezu übereinstimmende Werte für S , η und V und die gleiche Frostwiderstandsfähigkeit; die Festigkeitsgrade beider Gesteine weichen aber fast um das Sechsfache voneinander ab.

Für die Gesteine Nr. 5 und 6 ist namentlich V bei Nr. 5 beträchtlich kleiner als bei Nr. 6, und in Übereinstimmung hiermit erweist sich auch das erstere Gestein etwas widerstandsfähiger gegen Frostwirkung als Nr. 6, obgleich seine Festigkeit mehr als siebenmal so groß ist als die von Nr. 5.

Zahlreiche Fälle gleicher Art weisen die in Teil V enthaltenen Beobachtungslisten auf.

425. Dieses auf den ersten Blick befremdliche Ergebnis findet seine vollständige Erklärung durch die in Abschn. B. d. Kap. aufgestellte Frostwirkungstheorie; ja, es gewinnt dieselbe durch das in Rede stehende Verhalten der Gesteine eine indirekte Bestätigung. Denn es ist bekannt, daß selbst die festesten Körper der zu voller Wirkung gelangenden Expansivkraft des gefrierenden Wassers nicht zu widerstehen vermögen, falls das Wasser von dem festen Körper allseitig und eng umschlossen ist. Erfüllt daher das vom Gestein aufgenommene Wasser die Gesteinshohlräume gänzlich oder nahezu vollständig, so wird das Gestein, auch wenn es zu den festesten seiner Art gehört, beim Gefrieren des Porenwassers zerstört werden. Vermag dagegen das Wasser die Hohlräume des Gesteins, zufolge der besonderen Porenbildung desselben, nur in geringerem Grade zu erfüllen, so wird eine namhafte Wirkung des gefrierenden Wassers auf die Porenwandungen überhaupt nicht stattfinden, und bei solchen Porositäts-

¹⁾ Betreffs Klassifikation der Frostwirkung s. VI. Teil, Prüfung der Sandsteine.

verhältnissen müssen sich auch die Gesteine von geringer Festigkeit als frostbeständig erweisen.

Nur wenn die Größe des Sättigungskoeffizienten den Grenzwert für frostbeständige und frostunbeständige Gesteine um ein Geringes übersteigt, oder wenn jener Grenzwert nahezu erreicht wird und bei ungleicher Porenbildung ein Teil der Hohlräume über das Durchschnittsmaß vom Wasser erfüllt ist, in solchen Fällen also, wo die Frostwirkung nur eine geringe sein kann, werden die festeren Gesteine dieser Wirkung naturgemäß länger widerstehen als mürbe Gesteine.

Nach den gewonnenen Erfahrungen kommt z. B. bei Beurteilung der Frostbeständigkeit der Sandsteine die Festigkeit nur für solche Gesteine erheblich in Betracht, deren Sättigungskoeffizient zwischen 0,75 und 0,85 liegt. Daß hierbei lediglich derjenige Festigkeitsgrad zu berücksichtigen sein wird, welchen die Gesteine in wassersattem Zustande besitzen, liegt auf der Hand.

Kapitel 20.

Die Wirkung der Sonnenwärme bei der Gesteinsverwitterung.

426. Obgleich die Ausdehnung, welche die mineralischen Substanzen durch die Wärme erfahren, eine verhältnismäßig geringe ist, so lehrt doch die Erfahrung, daß der Temperaturwechsel in der Atmosphäre und namentlich die abwechselnde Sonnenbestrahlung schon im Laufe von Jahrzehnten eine merkliche Lockerung des Gefüges an der Oberfläche mancher Gesteine zu bewirken vermag.

Bei dichten Gesteinen, wie z. B. bei Kalksteinen, beruht diese Erscheinung lediglich auf dem Umstande, daß die Volumveränderungen an der Außenseite der Gesteine beträchtlicher sind als im Innern derselben. Die Folge davon ist eine Spannung in der äußeren Rinde, wodurch eine allmähliche Zerspaltung und Auflockerung, bei spröden Gesteinen auch ein scherbenförmiges Abspringen an der Oberfläche bewirkt werden kann.

Bei körnigen Gesteinen wird dieser Prozeß aber noch durch andere Verhältnisse unterstützt. Die körnigen Bestandteile nicht nur der eruptiven Silikatgesteine, sondern auch vieler sedimentärer Felsarten, wie z. B. der Sandsteine, sind im wesentlichen kristallinischer Natur. Die Kristalle dehnen sich aber nach ihren verschiedenen Achsen ungleichmäßig aus; ja, es findet sogar bei gewissen Mineralspezies, wie z. B.

beim Kalkspat, rechtwinklig zur Achse der größten Ausdehnung eine beträchtliche Zusammenziehung des Kristalls statt.

427. Der mittlere lineare Ausdehnungskoeffizient des Quarzes ist parallel zur Achse $c = 0,000007971$, senkrecht zur Achse $c = 0,000013371$. Daraus ergibt sich, daß ein würfelförmiges Quarzkorn von 10 mm Kantenlänge sich bei einer Temperaturerhöhung von 15° auf 45° nach der Achse c um $0,000023913$ mm, rechtwinklig zur Achse c um $0,000040113$ mm ausdehnen wird, also eine Ausdehnungsdifferenz nach den genannten Richtungen von $0,00001610$ mm erfährt. Diese Ungleichmäßigkeit der Ausdehnung wird noch erhöht durch den Temperaturunterschied, welchen die Gesteine als schlechte Wärmeleiter an der von der Sonne bestrahlten Oberfläche und in geringer Tiefe unterhalb derselben aufweisen. Beobachtungen hierüber haben in 1 cm Tiefe Unterschiede bis 5° C. ergeben. Bei einem würfelförmigen Quarzkorn von 1 cm Kantenlänge wird sich also an den gegenüberliegenden Seiten eine Ausdehnungsdifferenz bis zu $0,00001930$ mm ergeben.

Beträchtlicher sind die Unterschiede beim Kalkspat, dessen mittlerer linearer Ausdehnungskoeffizient parallel der Achse $c = 0,000026315$, rechtwinklig zu dieser Richtung $= -0,000005440$ ist. Ein würfelförmiges Kalkspatkorn von 10 mm Kantenlänge dehnt sich daher bei einer Temperaturerhöhung von 15° auf 45° nach der Achse c um $0,000078945$ mm aus, während es sich nach der zur Achse c rechtwinkligen Richtung um $0,000016320$ mm verkürzt, was einer Ausdehnungsdifferenz nach den gedachten Richtungen um $0,000095265$ mm entspricht. Wird ein solches Kalkspatkorn als Gesteinsgemengteil an der Oberfläche auf 30° C. erwärmt, während es an der unteren Seite eine Temperatur von 25° behält, so ergibt sich hieraus eine weitere Ausdehnungsdifferenz an den gegenüberliegenden Seiten von $0,000114318$ mm.

428. Temperaturschwankungen, wie die in den vorstehenden Berechnungen zugrunde gelegten, wiederholen sich in unseren Breitengraden bei direkter Sonnenbestrahlung in warmen Sommermonaten fast täglich, und die damit beständig verbundene Ausdehnung und Zusammenziehung der Gesteinsgemengteile, so geringfügig sie auch erscheint, führt dennoch, namentlich bei Mineralien mit deutlich ausgebildeten Spaltungsrichtungen, zu einer Aufblätterung des Kristallkornes, wie dies z. B. an den großen Feldspatkristallen granitischer und porphyrischer Gesteine, namentlich bei Verwendung derselben an südlichen Wänden von Bauwerken, häufig zu beobachten ist. Aber auch an nicht spaltbaren Mineralien, wie beispielsweise am Quarz, entstehen, wie die Erfahrung lehrt, durch den gedachten Vorgang unregelmäßig verlaufende feine Risse, durch die das Wasser seinen Weg auch in das Innere dieses an und für sich nicht wasserdurchlässigen Minerals findet und sein Zerfrieren bewirken kann.

429. Da die einzelnen Gemengteile der Gesteine im allgemeinen keine parallele Orientierung zeigen, so werden die Gesteinspartikel bei ihrer thermischen Dilatation sehr mannigfache Druck- und Schub-

wirkungen aufeinander ausüben, wodurch schließlich ihr Zusammenhang gelockert wird und Risse und Spalten notwendigerweise auch zwischen den einzelnen Gemengteilen entstehen müssen.

Dieser Vorgang wird in gemengten Gesteinen wesentlich unterstützt durch die Verschiedenheit der Kristallstruktur, der Wärmeleitfähigkeit, der Farbe und des damit zusammenhängenden Wärmeabsorptionsvermögens der einzelnen Bestandteile. Erfahrungsgemäß werden Gesteine, welche aus hell und dunkel gefärbten Mineralien bestehen, an ihrer Oberfläche weit rascher und stärker rissig, als Felsarten, deren Gemengteile nur geringe Farbenunterschiede zeigen. Auch beobachtet man, daß grobkörnige Gesteine, bei auffällig verschiedener Färbung ihrer mineralischen Bestandteile, schneller rissig und locker werden als solche mit feinkörnigem Gefüge.

430. Besondere thermische Dilatationsverhältnisse zeigen die schiefrigen Gesteine infolge ihrer verschiedenen Wärmeleitfähigkeit nach den verschiedenen Strukturrichtungen. Bei feinkörnigen Gesteinen mit richtungsloser Struktur pflanzt sich die Wärme nach allen Richtungen gleichmäßig fort, während bei schiefrigen Gesteinen sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach der Schieferungsfläche beträchtlich größer erweist als in der dazu rechtwinkligen Richtung. So ist z. B. nach Ed. Jannettaz die Wärmefortpflanzung in gewissen Gotthard-Gneisen in der Schieferungsebene doppelt so groß, in feinkörnigen Schiefen derselben Lokalität sogar dreifach größer als in der vertikalen Richtung.

Bei geschichteten Gesteinen ohne Schieferung, wie z. B. bei mergeligen und tonigen Gesteinen, ist die Schichtung ohne wahrnehmbaren Einfluß auf die Wärmefortpflanzung. Wird aber in einem solchen Tongestein durch künstlichen Druck eine schiefrige Struktur erzeugt, so verhält es sich in thermischer Hinsicht ganz wie die natürlichen Schiefer. Jannettaz betrachtet daher den Gebirgsdruck als die Ursache des thermischen Charakters der Schieferungsebene.

Auf die Bedeutung dieser Verhältnisse für die Erklärung des Aufblätterns gewisser Dachschiefer soll bei der Besprechung dieser Gesteinsart näher eingegangen werden.

431. Eruptive Gesteine, welche durch Abkühlung eine Kontraktion nach bestimmt ausgesprochenen Richtungen erfahren haben, z. B. Säulen-Basalt und Trachyt, oder auch sedimentäre Gesteine, die infolge der Austrocknung sich nach einer Richtung stark zusammengezogen haben, wie prismatisch abgesonderte tonige Gesteine, zeigen mitunter nach der Kontraktionsrichtung eine etwas größere Geschwindigkeit

der Wärmefortpflanzung als innerhalb der Absonderungsfläche. Nicht bei allen prismatisch abgesonderten Gesteinen läßt sich jedoch eine thermische Differenzierung nachweisen, ohne daß der Grund für diese Verschiedenheit des Verhaltens bisher erkannt worden ist.

Allem Anschein nach spielen diese Verhältnisse eine wichtige Rolle bei dem Verhalten solcher Gesteine, welche unter Einwirkung der Sonnenwärme zerspringen und deshalb als „Sonnenbrenner“ bezeichnet werden. (Näheres siehe in Teil XIV, Untersuchung der Basalte.)

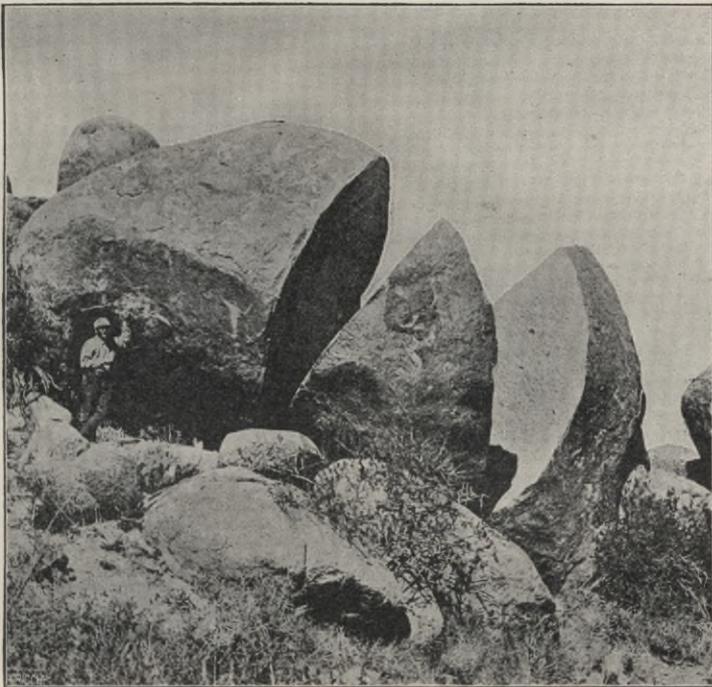


Fig. 136.

432. Alle die vorerwähnten Erscheinungen finden wir naturgemäß in südlichen Gegenden und vorzugsweise in den Tropen, bei den dort auftretenden bedeutenden Differenzen zwischen Tages- und Nachttemperatur, in beträchtlich vergrößertem Maßstabe wieder¹⁾.

¹⁾ Näheres siehe: Joh. Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit, Berlin 1900, welchem Buche auch die Fig. 136 und 137 entnommen sind.

Namentlich erreichen die Temperaturdifferenzen des Erdbodens hier außerordentliche Werte. So sind nach Ahnger und Regan in gewissen Punkten Transkasiens Schwankungen in der Temperatur des Erdbodens von 50°C . nicht selten.

Hierzu kommt noch die plötzliche Abkühlung durch Gewitterregen, worauf namentlich Pechuel-Lösche hingewiesen hat, „der in Westafrika Bodentemperaturen von 84°C . beobachtete und die Temperatur

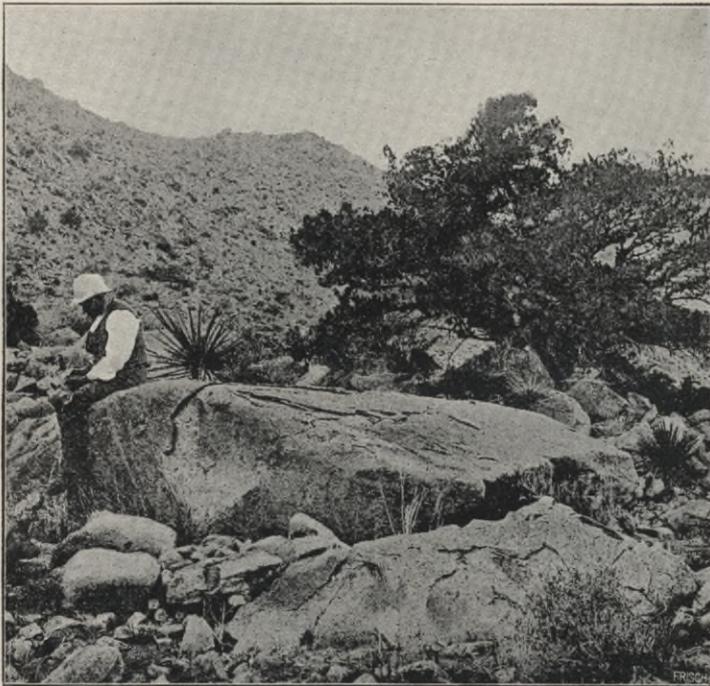


Fig. 137.

der Gewitterregen zu 21 bis 14°C . bestimmte. Ein einziger Platzregen kann also die Oberfläche der Felsen in kurzer Zeit um 60° abkühlen“.

Welche überraschenden Wirkungen durch solche Temperaturschwankungen hervorgerufen werden, zeigt die Abbildung (Fig. 136) eines durch Insolation (Sonnenbestrahlung) gesprengten Granitblockes in der Sierra de los dolores (Texas). Der etwa 6 m lange und $4\frac{1}{2}\text{ m}$ hohe walzenförmige Block ist an einem Ende kugelförmig gerundet. Dieses Ende ist vollkommen ebenflächig abgesprengt und die getrennte Kugel-

kalotte in mehrere ebenfalls glattflächige Segmente zerlegt, gleichsam wie ein mit dem Messer zerschnittener Apfel.

Walther weist ferner darauf hin, daß auch die Abschuppung eine direkte Wirkung der Erwärmung durch Sonnenbestrahlung sei. „Es lösen sich papierdünne (namentlich bei kalkigen Gesteinen) oder mehrere Zentimeter dicke Rinden (Granit des Sinai, der Sierra de los dolores, Fig. 137) von dem festen, unverwitterten Gestein so vollständig los, daß man metergroße, bauchig gebogene Granitschalen abheben kann.“

Kapitel 21.

Der Einfluß der Festigkeit der Gesteine auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse.

433. Wenn man eine hinreichend große Anzahl verschiedenartiger Gesteine nach dem Grade ihrer Wetterbeständigkeit klassifiziert, dann findet man, daß sowohl in der Gruppe der wetterbeständigen wie der wetterunbeständigen Gesteine die verschiedensten Festigkeitsgrade vertreten sind. Aber es ergibt sich auch, daß der Prozentsatz an höheren Kohärenzwerten unter den wetterbeständigen Gesteinen beträchtlich größer als unter den wetterunbeständigen ist. Innerhalb derselben Gesteinsart tritt diese Beziehung zwischen Festigkeit und Wetterbeständigkeit noch schärfer hervor, so daß sich hier meistens untere Grenzwerte der Kohärenz für die einzelnen Beständigkeitsklassen feststellen lassen.

Man darf hieraus folgern, daß ein hoher Festigkeitsgrad für sich allein zwar nicht die Wetterbeständigkeit der Gesteine gewährleistet, wohl aber einen günstigen Einfluß auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Wirkung der Atmosphärien auszuüben vermag.

Dieser Einfluß ist auf sehr verschiedenartige Ursachen zurückzuführen. Im allgemeinen werden die Gesteine nicht in ihrer ganzen Masse gleichmäßig von der Verwitterung ergriffen werden; vielmehr verläuft der Prozeß in der Regel derartig, daß zunächst einzelne, weniger widerstandsfähige Bestandteile, sei es durch Auflösung, chemische Zersetzung, durch die mechanische Wirkung der Sonnenwärme oder des Frostes, sukzessive zerstört bzw. in ihrem Zusammenhange gelockert werden, während die übrige Gesteinsmasse noch nahezu intakt bleibt. Selbst bei einfachen Gesteinen kann durch den Wechsel von gröberen und feineren Körnern desselben Minerals wie durch sonstige strukturelle

Ungleichheiten der Verwitterungsprozeß den geschilderten Verlauf nehmen. Die hierdurch bedingte stellenweise Verminderung der Kohärenz wird naturgemäß bei festen Gesteinen von geringerer Bedeutung für den Gesamtbestand derselben sein, als dies bei an und für sich schon mürben Gesteinen der Fall sein muß.

434. Neben diesem unmittelbaren Abhängigkeitsverhältnis zwischen Festigkeit und Wetterbeständigkeit der Gesteine bestehen zwischen beiden Eigenschaften aber noch insofern ursächliche Beziehungen, als diejenigen Strukturverhältnisse der Gesteine, welche ihre Festigkeit bedingen, zugleich auch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Atmosphärien günstig zu beeinflussen vermögen.

Die größere Festigkeit eines Gesteins im Verhältnis zu anderen, ihrer Zusammensetzung nach gleichartigen Gesteinen, beruht im allgemeinen:

- a) auf einer festeren Bindung der körnigen Bestandteile und, insbesondere bei sedimentären Gesteinen, auf einem festeren Bindemittel;
- b) auf einer geringeren Porosität;
- c) auf einer frischeren Beschaffenheit der Bestandteile.

Zu a) Ist die größere Festigkeit eines Gesteins gegenüber anderen, ihrer Zusammensetzung nach gleichartigen Gesteinen, durch ein festeres Bindemittel bedingt, so läßt sich in der Regel annehmen, daß das Gestein auch einen höheren Grad von Wetterbeständigkeit besitzt. Denn die größere Kohärenz des Bindemittels beruht im allgemeinen entweder auf einer vollkommeneren mikrokristallinen Ausbildung desselben, oder, wie z. B. bei vielen Sandsteinen und Grauwacken, auf einer stärkeren Silifizierung. Hierdurch wird das Bindemittel aber widerstandsfähiger gegen Wasser, es wird von demselben daher nicht so leicht ausgeschlämmt, saugt auch weniger Wasser auf und ist deshalb frostbeständiger, als wenn es von rein toniger, mergeliger oder erdig-kalkiger Beschaffenheit ist.

Zu b) Beruht die größere Festigkeit eines Gesteins gegenüber anderen gleichartigen Gesteinen auf seiner geringeren Porosität, also auf einem dichteren Gefüge, dann wird auch der Zusammenhang der Poren untereinander verringert werden; an Stelle von Porenzügen entstehen mehr isolierte Hohlräume, so daß das Wasser überhaupt nicht, oder doch nur in geringerem Maße das Gestein zu durchdringen vermag. Das aufgenommene Wasser aber wird eine kleinere Angriffsfläche für seine auflösende bzw. zersetzende Tätigkeit finden, während andererseits mit der Größe und Anzahl der Poren die Wandstärke zwischen den

Höhlungen abnimmt, wodurch ein weiterer Grund für die schnellere Zerstörung stark poröser Gesteine gegeben ist.

Zu c) Ist die erhöhte Festigkeit des Gesteins gegenüber anderen gleichartigen Gesteinen eine Folge der frischeren Beschaffenheit seiner Bestandteile, so kommen die in Kap. 18 dargelegten Verhältnisse in Betracht. Wie dort näher ausgeführt worden ist, schreitet der Verwitterungsprozeß, namentlich bei Silikatgesteinen, verhältnismäßig schnell fort, wenn derselbe bereits in der Erdrinde eingeleitet worden ist. Eine Festigkeitsverminderung des Gesteins zufolge der erwähnten Ursache wird daher stets von sehr nachteiligem Einfluß auf seine fernere Haltbarkeit sein.

Die Beziehungen, welche zwischen der Festigkeit der Gesteine und ihrer Frostbeständigkeit bestehen, sind bereits in Kap. 19, Abschn. 424 erörtert worden. Es sei hier nur nochmals hervorgehoben, daß Gesteine, welche vermöge ihrer Porositätsverhältnisse eine sehr vollkommene Wasserfüllung ihrer Hohlräume erfahren, bei denen der Sättigungskoeffizient S also nahezu 0,9 oder darüber ist, auch bei größter Festigkeit zerfriren, während andererseits Gesteine, bei welchen S beträchtlich unter 0,8 ist, selbst bei sehr geringer Festigkeit frostbeständig sind, wie dies z. B. für gewisse vulkanische Tuffe zutrifft.

Dagegen wird der Festigkeitsgrad von Bedeutung für solche Gesteine sein, deren Sättigungskoeffizient nur wenig über 0,8 beträgt, bei denen also der Frost nicht zur vollen Wirkung gelangen kann. Einer solchen verminderten Frostwirkung werden feste Gesteine unter Umständen wohl zu widerstehen vermögen, während solche von geringer Festigkeit derselben erliegen können.

435. Die vorstehenden Darlegungen lassen erkennen, daß der Festigkeitsgrad der Gesteine in vielen Fällen von wesentlicher Bedeutung für ihre Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse ist. Als Kriterium der Wetterbeständigkeit darf aber nicht lediglich der ziffermäßige Festigkeitswert dienen, sondern es wird daneben für jeden einzelnen Fall die ursächliche Bedingung der Festigkeit, wie insbesondere ihre Beziehung zu den übrigen Gesteinseigenschaften in eingehender Weise zu berücksichtigen sein.

Das Nähere hierüber soll bei den Wetterbeständigkeitsprüfungen der einzelnen Gesteinsarten (Teil VI u. f.) erörtert werden.

Kapitel 22.

Die Wirkung der auf den Gesteinen sich ansiedelnden niederen pflanzlichen Organismen.

436. Unter den auf Gesteinen sich ansiedelnden niederen pflanzlichen Organismen spielen namentlich die Flechten (Lichenen) eine hervorragende Rolle. Dieselben stellen eigentümliche Doppelorganismen dar, die aus chlorophyllhaltigen Algen und auf ihnen schmarotzenden Pilzen zusammengesetzt sind. Der Körper der Flechte (Thallus) besteht 1. aus fadenförmigen, chlorophyllfreien Pilzhypphen, die zugleich Fruktifikationsorgane (Apothecien) erzeugen, und 2. aus chlorophyllhaltigen Algenzellen (Gonidien), die das nährnde Substrat für die parasitisch sie umstrickenden Pilzfäden abgeben und mit diesen zu gemeinsamen, die einzelnen Spezies charakterisierenden Formen verwachsen.

437. Die auf Gesteinen lebenden Krustenflechten erfordern zu ihrer Ernährung vorzugsweise Wasser, Kohlensäure und gewisse mineralische Bestandteile, welche sie ihrem Substrat entziehen. Es gibt aber auch Flechten, welche an ganz reinem Quarzgestein haften und nur sehr wenig Kieselerde, dagegen eine Reihe anderer Stoffe enthalten, welche dem Gestein vollständig fehlen.

Solche Flechten entnehmen die ihrer Unterlage fehlenden Nährsalze aus den in der Luft schwebenden, mineralischen Staubeilchen, durch Vermittlung der atmosphärischen Niederschläge. Flechten der letzteren Art können daher auf sehr verschiedenen Gesteinen vorkommen, während andere nur auf kalkigen, und wieder andere nur auf kieselhaltigen Gesteinen zu finden sind. Ein Urteil darüber, ob die Ansiedlung gewisser Flechten auf bestimmten Gesteinen vorwaltend der chemischen Zusammensetzung oder der physikalischen Natur des Gesteins zuzuschreiben ist, würde in jedem einzelnen Falle aus einer Vergleichung der chemischen Analyse des Gesteins mit der der Flechtenasche zu gewinnen sein. An Analysen der letzteren Art fehlt es aber fast vollständig, und es mag daher hier zur Anregung für derartige Untersuchungen ein Verzeichnis der hauptsächlichsten Gesteinsflechten gegeben werden.

438. Ausschließlich auf **Kalkstein** vorkommende Arten (Lichn. calcareae saxicolae) sind namentlich folgende¹⁾:

¹⁾ F. Arnold: Zur Lichenenflora von München. 1892.

Pyrenodesmia variabilis und acrustacea; Gyalolechia lactea und aestivabilis; Placodium versicolor; Acarospora glaucocarpa; Rhinodina calcarea und Bischoffii; Petractis clausa; Gyalecta cupularis; Biatora calva und incrustans; Lecidella immersa und pungens; Biatorina minuta und lenticularis; Catillaria athallina; Bilimbia cuprea, chlorotica und hygrophila; Lithoidea viridula nigricans; Verrucaria pingicula, decussata, anceps, myocarpa, calciseda, crassa, calcarea, deformis, congregata, maculiformis und brachyspora; Amphoridium dolomiticum und Hochstetteri; Thelidium cataractarum, decipiens, absconditum und minimum; Polyblastia dermatodes und obsoleta; Staurothele rupifraga; Microthelia marmorata; Arthopyrenia atricolor; Collema multifidum; Leptogium teretiusculum; Thyrea pulvinata; Psorothichia Arnoldiana.

Lediglich auf kieselhaltigem Gestein kommen folgende Arten (Lichn. siliceae saxicolae) vor:

Stereocaulon coralloides; Imbricaria conspersa und sorediata; Callopisma vitellinum; Blastenia caesiornata; Rhinodina confragosa; Ochrolechia parella; Lecanora sordida und polytropha; Aspicilia cinerea, grisea, silvatica und ceracea; Urceolaria scruposa; Pertusaria amara, lactea und globulifera; Lecidea albocaularescens, plygonia, lactea, lithophila, plana, platycarpa, sorediza, fumosa, contracta, expansa und atomaria; Bilimbia coprodes; Scoliosporum umbrinum; Buellia aethalea und verruculosa; Catocarpus atroalbus, polycarpus und concretus; Rhizocarpum obscuratum, grande, conopsoideum, distinctum, concentricum und subpostumum; Thelidium Zwackhii; Staurothele succedens; Porina austriaca; Thelocarpon subcylindricum.

Auf kieselhaltigem Gestein und auf Kalk, jedoch auf keinem anderen Substrat beobachtete Arten sind die folgenden:

Physica medians; Callopisma flavovirescens; Acarospora distans und Heppii; Gyalecta lecideopsis; Biatora meiocarpoides und fuscorubens; Bacidia Arnoldiana; Verrucaria dolosa; Thelidium quinqueseptatum und acrotellum; Thelocarpon epilithellum; Leptogima Schraderi.

Hierzu seien noch folgende Flechten angeführt, welche namentlich auf Mörtel oder gebrannten Ziegeln angetroffen werden:

Gyalolechia luteoalba (auf Mörtel); Blastenia arenaria (auf Ziegeln); Rhinodina subconfragosa; Buellia stellulata, tegularum und scabrosa; Lithoidea glaucina¹⁾.

439. Wenn hiernach dem chemisch-mineralogischen Charakter des Gesteinssubstrates eine wesentliche Bedeutung für den Lebensprozeß der Gesteinsflechten zugeschrieben werden muß, so sind andererseits doch auch die atmosphärischen Einflüsse für die Entwicklungsfähigkeit der einzelnen Arten maßgebend.

¹⁾ Die vorstehende, keineswegs erschöpfende Übersicht über die bodenständigen Gesteinsflechten mag genügen, um eine Vorstellung von der Mannigfaltigkeit der Flechtenflora zu geben und damit zugleich über die zahlreichen pflanzlichen Organismen, welche zerstörend auf die Oberfläche der Gesteine einzuwirken vermögen.

Ein lehrreiches Beispiel hierfür liefert eine Marmorsäule in der Nähe des berühmten Schlosses Ambras in Tirol, über welche Kerner v. Marilann folgendes berichtet¹⁾:

„Die Säule, welche schon über zwei Jahrhunderte an ihrem Platze steht, ist achtseitig. An allen Seiten haben sich Flechten angesiedelt, und zwar so reichlich, daß der Stein auf handgroßen Stellen von ihnen bedeckt ist. Im ganzen dürften über ein Dutzend verschiedene Arten vorhanden sein. Dieselben sind aber keineswegs gleichmäßig verteilt; einige sind auf dieser, andere auf jener Seite vorherrschend, und einzelne sind ausschließlich nur auf eine der acht Seiten beschränkt. Von drei Amphiloma-Arten kommt *A. elegans* nur auf der dem Südwestwind ausgesetzten wärmsten Seite vor, *A. murorum* nur an der Südseite, und zwar am oberen Teil der Säule, während *A. decipiens* auf die Südseite, nahe der Erde, beschränkt ist. An der Nordseite herrscht *Endocarpon minutum* und an der Nordwestseite *Callospisma citrinum* und eine *Lecidea* vor.

Ursprünglich ist die Marmorsäule augenscheinlich glatt und poliert gewesen; heute ist die Oberfläche fast gänzlich rauh, uneben und stellenweise grubchenartig ausgenagt. Besonders an den südlichen Seiten erkennt man deutlich, wie jedes Grübchen genau der Größe einer dort angesiedelten grauen Flechte entspricht, und man sieht, wie diese Flechte, weiterwachsend und sich strahlenförmig ausbreitend, den berührten Marmor in immer weiteren Kreisen ausnagt und anätzt.“

440. Bei dem Einfluß, den neben der Natur des Gesteins auch die meteorischen Verhältnisse auf die Flechtenbildung ausüben, muß eine besondere Auswahl der Gesteine für feuchte Klimata und insbesondere für schattige Wände angezeigt erscheinen.

Eingehende Untersuchungen über die Wirkungsweise der Kalkflechten auf ihre Gesteinsunterlage hat E. Bachmann ausgeführt²⁾. Derselbe sagt:

„Die Teile der endolithischen Kalkflechten, welche nicht auf dem Gestein liegen, und das sind ausschließlich die Deckhyphen *h* (Fig. 138), befinden sich sämtlich in gleichgestalteten Höhlen desselben. Die Höhlen, welche zur Beherrschung der Gonidiengruppen *g* dienen, setzen sich meist bis an die Oberfläche des Steines fort und sind dann an ihrem Außenrande von den Hyphenknäueln der Rinde pfpfenartig verschlossen. In trockenem Zustande sind letztere immer kleiner als ihre Höhlungen. Die Hyphen- aber und jedenfalls auch die Gonidiengruppen liegen ihren Höhlenwandungen dicht an.“

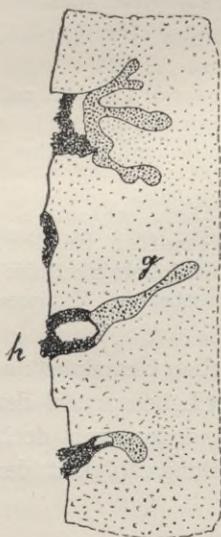


Fig. 138.

¹⁾ Kerner v. Marilann: Pflanzenleben. 2. Aufl., Bd. I, S. 236 u. 246.

²⁾ E. Bachmann: Der Thallus der Kalkflechten. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft. Jahrg. X, 1892.

„Wie die zarten Hyphenfäden imstande sind, sich millimetertief in den harten Stein einzubohren, die feinen Röhren, in welchen sie ursprünglich wohnen, zu Höhlungen zu erweitern, in denen ganze Hyphenknäuel, Gonidien und selbst Apothezien Platz finden, ist eine noch offene Frage. Zwei Möglichkeiten können bei ihrer Betrachtung in Frage kommen: entweder geschieht das Eindringen in den Stein mit mechanischer Gewalt, oder die Hyphen sondern einen Stoff ab, der den Kalk in unmittelbarer Umgebung auflöst und ihnen so den Weg bahnt.“ Erstere Ansicht ist unbedingt zu verwerfen; für die zweite spricht alles.

„Das Eindringen der Flechtenteile in den Kalk ist von dessen Struktur völlig unabhängig. Dichten und grobkörnigen Kalk durchwuchern sie in gleicher Weise und bevorzugen dabei, gleich den Wurzeln höherer Pflanzen, nur die Richtung senkrecht nach innen. Größere Kristalle werden ohne Rücksicht auf ihre Spaltungsrichtungen durchzogen.“

441. Alles das deutet zweifellos auf eine chemische Wirkung der Flechten auf die Gesteinssubstanz hin, und zwar wird diese Wirkung eine mehrfache sein. Die Hyphen scheiden eine eigentümliche Flechtensäure ab, welche den Kalk auflöst und so den zarten Hyphenfäden das Eindringen in das Gestein ermöglicht¹⁾. Die zwischen der Gesteinsoberfläche und dem Flechtenthallus sich ansammelnde Feuchtigkeit nimmt die aus der vorgedachten Zersetzung des Kalkes frei werdende Kohlensäure begierig auf und bewirkt nunmehr, durch Bildung von löslichem Kalziumbikarbonat, eine weitere Ausnagung der von den Flechten bewohnten Höhlungen. Endlich sind es die beim Absterben der Flechten entstehenden humussaurer Verbindungen, welche zerstörend auf die Gesteinssubstanz einzuwirken vermögen.

442. Nach Kerner v. Marilann²⁾ soll vorzugsweise die durch den Lebensprozeß der Flechten ausgeschiedene Kohlensäure das chemische Agens bei der Zerstörung der Gesteinsoberfläche sein. Auch hebt er hervor, daß neben der chemischen noch eine mechanische Wirkung angenommen werden müsse.

„Wo nur die kleinste Menge des kohlen-sauren Kalkes aufgelöst wurde, drängt sich sofort ein wachsender Hyphenfaden ein und führt eine förmliche Minierarbeit aus. Noch nicht gelöste vorragende Partikel des kohlen-sauren Kalkes werden durch Zug und Druck von der Hauptmasse abgetrennt, und man sieht an jenen Stellen, wo die Flechte in kräftigstem Wachstum begriffen ist, lose, winzige, rhomboedrische Bruchstücke des Kalkes, welche dann bei nächster Gelegenheit durch das Regenwasser weggespült oder als Staub durch die Winde entführt werden. Derselbe Vorgang, welcher an der Marmorsäule von Ambras so deutlich verfolgt werden kann, vollzieht sich auch an jenen Kalksteinblöcken,

¹⁾ Die in den sog. Farbflechten enthaltene Säure geht bei Einwirkung von Alkalien in Orsellinsäure über, die wiederum in Kohlensäure und Orzin zerfällt.

²⁾ a. a. O. S. 246 u. f.

die nicht behauen und poliert wurden, allerwärts, wo es überhaupt Flechten gibt; man beobachtet ihn auch auf allen anderen Gesteinen, auf Dolomit, Feldspat usw. — An einzelnen der mächtigen Eisenbänder der großen Kettenbrücke, welche sich bei Budapest über den Donastrom spannt, kann man die Minierarbeit der Flechten sogar auf reinem Eisen beobachten. Daß in den zuletzt erwähnten Fällen die durch Kohlensäure¹⁾ eingeleitete Zersetzung und Lösung entsprechend dem Substrat sich ändert, ist selbstverständlich; das Resultat bleibt aber immer das gleiche; immer findet ein Substanzverlust der Unterlage statt, und immer wird ein Teil der gelösten Stoffe von der angesiedelten Pflanze aufgenommen, ein anderer Teil aber in Lösung oder auch mechanisch durch Regen und Wind entführt.“

„Mit demselben Erfolge wirken auch Algen auf die Unterlage ein. Vorzüglich sind es Meeresbewohner, insbesondere *Gomontia polyrhiza*, *Siphonocladus voluticola*, *Zygomitus reticulatus* und *Mastigocoleus testarum*, welche sich auf den überfluteten Kalksteinen, vorzüglich aber auf den Schalen und Gehäusen von Muscheln und Schnecken, ansiedeln und sie mit einem grünen Überzuge versehen. Wenn man von den im Bereich von Ebbe und Flut aufgelesenen Schalen diesen grünen Überzug entfernt, so findet man, daß von den Algen die Unterlage in derselben Weise zerstört wird, wie der Fels eines Berggipfels von den Flechten.“

„Den Flechten und Algen ähnlich sind auch die Moose tätig. Entfernt man einen Rasen des weitverbreiteten Laubmooses *Grimmia apocarpa* von der Seitenwand eines Kalkblockes, so sieht man deutlich, daß in der Umgebung der Stelle, wo sämtliche Stämmchen des kleinen Moosrasens zusammentreffen, das unterliegende Gestein von den Rhizoiden ganz durchspinnen und mürbe gemacht ist; die Rhizoiden sind dort zwischen isolierten, staubfeinen Teilchen des Kalkes eingebettet, welche durch chemische und mechanische Tätigkeit der genannten Organe von der massiven Unterlage abgetrennt wurden. Dort, wo das Laubmoos abgestorben ist, findet sich an dem Kalkblock immer ein deutlicher Substanzverlust, ein mehr oder weniger tiefes Grübchen mit unebenem, ausgenagten Grunde.“

443. In den vorstehenden Abschnitten ist vorzugsweise die gesteinszerstörende Wirkung geschildert worden, welche die in das Gestein eindringenden Organe der Flechten, Algen und Moose auf chemischem und mechanischem Wege hervorrufen. Es ist aber auch darauf hinzuweisen, daß die das Gestein überziehenden Flechten und Moose den physikalischen Charakter der Gesteinsoberfläche in sehr erheblicher Weise verändern.

An Stelle der mehr oder weniger dichten Gesteinsfläche, von der das Wasser verhältnismäßig schnell abfließt, entsteht nunmehr eine pflanzliche Schicht, welche das Wasser nicht nur stärker aufsaugt, sondern auch längere Zeit festhält und damit das Wärmestrahlungsvermögen der Gesteinsoberfläche beträchtlich vermindert. Sowohl für den Auflösungs- und Erweichungsprozeß des Gesteins, als auch namentlich hinsichtlich der Frostwirkung spielen diese Verhältnisse eine wichtige Rolle. Das

¹⁾ Wohl auch durch die abgeschiedene Flechtensäure. D. Verf.

im Herbst vom Gestein aufgenommene Wasser wird bis zum Eintritt des Frostes in geringerem Maße verdunsten, und auch während des vielfachen Wechsels von milderer, trockener Witterung und Frost am Anfange und zu Ende des Winters wird eine erhebliche Austrocknung des Gesteins durch den Flechtenüberzug verhindert werden. Alles das sind aber Momente, welche die Einwirkung des Frostes auf das Gestein wesentlich erhöhen.

Erfahrungsmäßig werden denn auch manche dichte Kalksteinfelsen, die an und für sich der Verwitterung lange widerstanden haben, sobald sich auf denselben Flechten ansiedeln, an der Oberfläche bald mürbe, rissig und löcherig, und ebenso können feste Mergelsandsteine unter den gleichen Bedingungen eine verhältnismäßig schnelle Zermürbung erfahren.

444. Fragen wir nun nach denjenigen Eigenschaften der Gesteine, welche der Ansiedlung der Flechten besonders günstig sind, so ist zunächst in Betracht zu ziehen, daß die Kalkflechten am häufigsten vorkommen. Es werden deshalb auch Kalksteine und kalkhaltige Gesteine der Gefahr der Flechtenansiedlung am meisten ausgesetzt sein.

Zu den Lebensbedingungen der Flechten gehört aber namentlich reichliche Feuchtigkeit, und somit werden poröse Gesteine und überdies solche, welche das aufgenommene Wasser lange festzuhalten vermögen, wie tonhaltige Kalksteine und mergelige Sandsteine, namentlich wenn sie zum Sockelmauerwerk der Gebäude auf feuchtem Baugrunde Verwendung finden, von den Flechten besonders bevorzugt werden.

Daneben kommen solche Silikatgesteine für die Ansiedlung von Kieselflechten in Betracht, welche leicht verwitterbare bzw. schon in Verwitterung begriffene, eisenhaltige Alkalitonerdeverbindungen enthalten. Als Nährboden ist hier namentlich die durch Verwitterung entstehende kieselhaltige Tonsubstanz anzusehen.

Bekanntlich zeigt jeder Ton beim Anhauchen einen eigentümlichen, dumpf ammoniakalischen Geruch. Dieser Geruch ist nicht der Tonsubstanz ursprünglich eigen, sondern entsteht in ihr nach F. Senft¹⁾ dadurch, daß sie infolge ihrer hygroskopischen Eigenschaft Feuchtigkeit und die mit dieser verbundenen, gasförmigen Zersetzungsprodukte von abgestorbenen Organismen oder die in der atmosphärischen Feuchtigkeit vorhandenen kleinen Keimlinge von Algen, Flechten und Moosen in sich aufsaugt. Nun zeigen die stark eisenhaltigen Tonsubstanzen diesen Geruch weit intensiver als die meisten eisenfreien

¹⁾ F. Senft, Die Tonsubstanzen. Berlin 1879. S. 21.

Tone, und da das feuchte Eisenoxydhydrat schon für sich allein sehr begierig Ammoniak aufsaugt, so ist es höchst wahrscheinlich, daß das mit der Tonsubstanz verbundene Eisenoxydhydrat vorzugsweise die Aufsaugung der organischen Zersetzungsprodukte bewirkt. Aus diesem Grunde liefern denn auch die eisenhaltigen Tone einen vorzüglichen Nährboden für die höher organisierten Moose.

445. Neben den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Gesteins ist die durch die Bearbeitung bedingte Oberflächenbeschaffenheit desselben von wesentlicher Bedeutung für die Ansiedlungsfähigkeit der Flechten.

Vielfach kann man an Denkmälern in Parkanlagen und auf Kirchhöfen die Beobachtung machen, daß die rauh bearbeiteten Flächen des verwandten Gesteins vollständig von Flechten überzogen sind, während dieselben an den polierten bezw. glatten Teilen durchaus fehlen. Da nun gewisse Gesteine auch bei roher Bearbeitung eine verhältnismäßig glatte Oberfläche erhalten, während andere bei der gleichen Bearbeitungsweise infolge ihrer Struktur eine raue Oberflächenbeschaffenheit aufweisen, so werden Gesteine der letzteren Art auch der Flechtenansiedlung leichter zugänglich sein.

446. Es ist eine bekannte Tatsache, daß die stark staubhaltige Luft der Großstädte der Entwicklung der Flechten nicht günstig ist. Es mag hier aber darauf hingewiesen werden, daß der Straßenstaub, der aus mannigfachen Mineralfragmenten, organischen Verwesungsprodukten und pflanzlichen Keimlingen besteht, in seiner Vermischung mit den kohligen Bestandteilen der Rauchgase in anderer Weise einen ungünstigen Einfluß auf die Beständigkeit und das äußere Ansehen der Bausteine ausübt. Nicht nur, daß dieselben mit einer unschönen, schwarzen Rinde überzogen werden, zersetzen sich auch die in den Poren des Gesteins angesammelten organischen Stoffe, und die hieraus resultierenden Produkte, wie Kohlensäure, Ammoniak bezw. Salpetersäure und Humussäure vermögen namentlich die kalkhaltigen Gesteine in nicht unerheblichem Maße anzugreifen.

Am meisten leiden hierdurch die stark porigen Sandsteine mit mergeligem Bindemittel, welches durch die atmosphärischen Niederschläge lange Zeit feucht erhalten wird und dadurch den Straßenstaub leicht aufzunehmen vermag. Auch gewisse Sandsteine der Kreideformation schwärzen sich namentlich in den ornamentalen Teilen der Bauwerke in kurzer Zeit, weil die Poren dieser Gesteine mit Kaolin erfüllt sind, der infolge seiner pulverförmigen Beschaffenheit und seiner hygroskopischen Eigenschaft die kohligen Bestandteile der Rauchgase

wie auch den Straßenstaub begierig festhält. Wegen ihrer leichten Bearbeitungsfähigkeit werden gerade diese Sandsteine gern von Bildhauern zu architektonischen Arbeiten verwendet. Wie wenig empfehlenswert dies ist, zeigen z. B. die auf den Eck-Risaliten des Gebäudes der Technischen Hochschule zu Charlottenburg befindlichen Figuren, die schon wenige Jahre nach der Aufstellung vollständig geschwärzt waren.

Kapitel 23.

Zusammenfassende Betrachtung über die allgemeinen Bedingungen der Wetterbeständigkeit natürlicher Bausteine.

447. Man teilt die natürlichen Gesteine nach ihrer Textur in homogene und in körnige Gesteine ein¹⁾. Zu der ersteren Gruppe gehören, streng genommen, nur wenige Gesteinsarten, wie die Obsidiane und Pechsteine; denn die übrigen, sonst gemeinhin als homogen bzw. dicht bezeichneten Felsarten, wie z. B. die Felsite, Aphanite und auch die dichten Kalksteine, sind in Wirklichkeit mikrogranulöse Aggregate, allerdings mitunter von solcher Feinheit der Körnung, daß es einer 500- bis 800-fachen Vergrößerung bedarf, um die granulöse Zusammensetzung deutlich erkennen zu lassen. Da nun die tatsächlich homogenen Gesteinsarten als Baumaterialien nicht wohl in Betracht kommen, so sind die bautechnisch verwertbaren Gesteine durchweg als körnige Aggregate zu bezeichnen, deren Korngröße von mehreren Zentimetern, wie bei den Konglomeraten, bis zu den feinerdigen und staubförmigen Fragmenten gewisser Kalksteine und Tuffe herabsinkt.

Diese körnigen Gemengteile besitzen in den verschiedenen Gesteinen einen sehr ungleichen Grad des Zusammenhanges, d. h. also, eine sehr verschiedene „Bindungsfestigkeit“. Da sich nun die Gesteinsverwitterung ganz allgemein als ein auf chemischen bzw. mechanischen

¹⁾ In der Petrographie werden Gesteine ohne unterscheidbare Gemengteile als „dicht“ bezeichnet. Da man aber in der Technik, dem allgemeinen Sprachgebrauch gemäß, unter dichtem Material ein solches mit lückenlosem Gefüge versteht, so soll auch hier die Bezeichnung „dicht“ für porenfreie Gesteine (in der Petrographie: kompakte Gesteine) beibehalten werden.

Ursachen beruhender Auflockerungsprozeß darstellt, der entweder nur den Zusammenhang der körnigen Bestandteile oder auch die Substanz der letzteren betreffen kann, so wird bei Beurteilung der Wetterbeständigkeit eines Gesteins diesen zweifachen Verhältnissen Rechnung zu tragen sein.

448. Die Wetterbeständigkeit derjenigen Mineralien, welche vorzugsweise als körnige Bestandteile in den Gesteinen auftreten (wie Quarz, Feldspat und die übrigen Silikate), ist im allgemeinen eine so große, daß diese Mineralien bei völlig frischer Beschaffenheit ebenso wie Kalkspat und Dolomitspat eine erhebliche chemische Umwandlung durch die Atmosphärien selbst in hundertjährigen Zeiträumen nicht erfahren.

Eine beträchtliche Verminderung ihrer Wetterbeständigkeit erleiden aber

- a) die Silikate, wenn sie bereits im Bruchgestein eine namhafte chemische Umwandlung erfahren haben;
- b) die Karbonate, wenn sie im Gestein zusammen mit Eisenkies oder anderen leicht zersetzbaren Sulfiden vorkommen.

Über die spezielleren Verhältnisse der Verwitterbarkeit der einzelnen gesteinsbildenden Mineralien s. Kap. 18.

449. Die körnigen Bestandteile der Gesteine können nun auf verschiedene Weise miteinander verbunden sein. Von der Art dieser Verbindung hängt in den meisten Fällen die Festigkeit des Gesteins ab und wenn die körnigen Gemengteile lediglich aus wetterfestem Material bestehen, dann beruht auch die Widerstandsfähigkeit der Gesteine gegen Atmosphärien im allgemeinen auf der Art ihrer Kornbindung. Letztere kann nun eine unmittelbare sein, wie bei den kristallinen Gesteinen, oder sie wird durch ein besonderes Bindemittel bewirkt, wie dies für die klastischen Gesteine charakteristisch ist.

a) Gesteine mit unmittelbarer Kornbindung.

450. Die Kornbindung, wie sie bei allen kristallinen Gesteinen auftritt, ist durch den Kristallisationsprozeß selbst bedingt und erzeugt meist eine derartig feste Vereinigung der körnigen Bestandteile, daß ihr Zusammenhang auch beim Zerschlagen des Gesteins nicht überwunden wird und die Schlagfläche im allgemeinen fast ausschließlich durch die Mineralkörner hindurchgeht. Auch bei eintretender Verwitterung dieser Gesteine pflegt eine Lockerung des Zusammenhanges der körnigen Bestandteile erst dann einzutreten, wenn sie selbst in beträchtlichem Grade verändert sind.

Zu dieser Gruppe gehören die sämtlichen Eruptivgesteine, wie Granit, Syenit, Diorit, Diabas, Gabbro, Porphy, Aphanit, Melaphyr, Trachyt, Dolerit, Basalt, Phonolith; ferner die geschichteten Silikatgesteine, wie Gneis, Glimmerschiefer, Chlorit-, Talk- und Hornblendeschiefer nebst Phyllit und endlich die kristallinen Kalke, Dolomite und Gipssteine.

451. Die Widerstandsfähigkeit der kristallinisch-körnigen Gesteine gegen die chemischen Wirkungen der Atmosphärien beruht daher im wesentlichen auf der Wetterbeständigkeit der körnigen Bestandteile. Da die letzteren aber bei der strukturellen Zusammensetzung des Gesteins oftmals eine sehr verschiedene Rolle spielen, der innere Zusammenhang der Gesteinsmasse z. B. lediglich durch einen der Gemengteile, nämlich den zuletzt aus dem geschmolzenen Magma ausgeschiedenen, bedingt sein kann, so wird in solchem Falle der Wetterbeständigkeitsgrad des Gesteins in erster Linie von der Widerstandsfähigkeit dieses Gemengteiles abhängen.

Gesteine, welche aus einer mikro- bis kryptokristallinen oder amorphen Grundmasse und darin ausgeschiedenen Kristallen bestehen, wie die Porphyre, werden in erster Linie auf ihre Grundmasse (strukturelle Ausbildung, Dichtigkeit, Silifizierungsgrad und Grad der Verwitterung im Bruchmaterial) zu prüfen sein. Bei guter Beschaffenheit der Grundmasse gehören die Porphyre zu den widerstandsfähigsten Gesteinen, und nur wenn die „Einsprenglinge“ nicht mehr völlig intakt sind, kann das Gestein an der Oberfläche leicht zellig oder höhlig ausgegast werden. Ist dagegen die Grundmasse schon im Bruchmaterial weich, also stark angewittert, so wird das Gestein, namentlich bei seiner Verwendung auf feuchtem Baugrunde oder zu Wasserbauten, einer schnellen Zerstörung anheimfallen.

452. Die Frostbeständigkeit der kristallinisch-körnigen Gesteine hängt ab

1. von ihrem Porositätsgrade (Gesteine, deren Porositätskoeffizient unter 1,5 ist, erweisen sich in jedem Falle als frostbeständig);
2. von dem Sättigungskoeffizienten;
3. von der Struktur und morphologischen Ausbildung;
4. von der Frische im Bruchmaterial;
5. von ihrer stichfreien Beschaffenheit.

b) Gesteine mit mittelbarer Kornbindung.

453. Die mittelbare Kornbindung erstreckt sich auf die große Klasse der sedimentären klastischen Gesteine, wie Sandsteine, Grauwacken, Konglomerate, Tonschiefer, gewisse Kalksteine usw.

Das Bindemittel oder Zement dieser Gesteine ist von überaus verschiedener Zusammensetzung; nur zum geringen Teil besteht es aus einer einheitlichen Substanz, wie bei den kieseligen und kalkigen Bindemitteln, meist bildet es ein Gemenge sehr feinkörniger bis staubförmiger Mineralfragmente, wie dies bei den vorherrschend tonigen, mergeligen, tonschiefrigen und glaukonitischen Zementen der Fall ist.

454. Die einfachen Bindemittel können entweder kristallinisch oder amorph sein. Die kristallinische Ausbildungsweise ist eine der vorzüglichsten, da sie nicht nur dem Bindemittel selbst, sondern auch der durch dasselbe bewirkten Kornbindung eine große Festigkeit verleiht. Bei einfachen amorphen Bindemittelsubstanzen unterscheidet man eine homogene Textur, wie sie die amorphe Kieselsäure zeigt, und ein feinkörniges bis staubförmiges Gefüge, das den erdig-kalkigen, mergeligen und tonigen Bindemitteln eigen ist. Auch die amorphe Kieselsäure bewirkt infolge des kolloidalen Zustandes, in welchem sie sich vor der Erhärtung befindet, eine äußerst feste und widerstandsfähige Zementierung, während die rein tonigen und kalkigen Substanzen wenig harte und in Wasser vollkommen erweichbare Bindemittel liefern.

Was die zusammengesetzten Bindemittel betrifft, so bestehen sie in den meisten Fällen aus einem feinkörnigen, erdigen bis staubförmigen Gemenge klastischer Mineralfragmente, mehr oder weniger gemischt mit den chemischen Zersetzungsprodukten primärer Gesteine.

Der Zusammenhang dieser pulverförmigen Bestandteile des Bindemittels kann bedingt sein

- a) durch kristallinische Neubildungen innerhalb des Bindemittels, z. B. durch Quarz, kristallinischen Kalk oder zeolithische Silikate;
- b) durch Infiltration mit kolloidalen Substanzen, wie namentlich amorpher Kieselsäure;
- c) durch den Gehalt an mehr oder weniger stark adhärierenden Bestandteilen, wie Ton, Mergel, getrocknetem Kalkschlamm oder dergl.

455. Bei den hier in Betracht kommenden Gesteinen hängt die Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung der Atmosphärien ab von der Wetterbeständigkeit

1. der körnigen Bestandteile,
2. des Bindemittels und
3. von der Frostbeständigkeit des Gesteins.

456. Zu 1. Die körnigen Bestandteile der klastischen Gesteine sind vorzugsweise: Quarz, Feldspat, Glimmer, chloritische Substanzen, Kalkspat und Dolomitspat. Daneben treten in einzelnen Gesteinen auch

Bruchstücke fremder Gesteinsarten auf, wie z. B. in den Grauwacken Fragmente von Tonschiefer und Kieselschiefer, in den Tuffen Fragmente von Bimsstein und Lava.

Von der Verwitterungsfähigkeit der genannten Mineralien gilt im allgemeinen auch hier, was bereits in Abs. 415 angeführt worden ist. Quarz, Glimmer und die chloritischen Substanzen sind durchaus wetterbeständig. Der Feldspat erscheint aber mitunter in den klastischen Gesteinen stark angewittert und erleidet dann, zumal in sehr porösen Gesteinen, eine verhältnismäßig schnelle Zerstörung.

Von den Gesteinsfragmenten der Grauwacken erweist sich insbesondere weicher Tonschiefer als leicht verwitterbar, während Kieselschiefer durchaus beständig ist. Kalk- und Dolomitspat unterliegen nur bei Anwesenheit von Eisenkies und sonstigen Sulfiden im Gestein einer namhaften chemischen Zersetzung innerhalb der hier in Frage kommenden Zeiträume.

457. Zu 2. Wichtiger als die Beschaffenheit der körnigen Bestandteile, die, wie wir gesehen haben, in ihrer Mehrzahl hinreichend wetterfest sind, ist für die Beständigkeit der klastischen Gesteine die Natur des Bindemittels.

Nicht nur, daß es im wesentlichen die Festigkeit des Gesteins bedingt, umschließt es auch die körnigen Bestandteile mehr oder weniger vollkommen und vermag so, bei guter Beschaffenheit, eine schützende Hülle um dieselben zu bilden.

Die schlechtesten Bindemittel sind diejenigen, welche durch Wasser eine starke Erweichung erfahren, wie Ton und erdiger Kalk. Sie werden leicht ausgewaschen und halten überdies das aufgenommene Wasser begierig fest, so daß die betreffenden Baugesteine nur im Sommer während langer regenloser Perioden völlig trocken werden, während des größten Teiles des Jahres aber beständig feucht sind.

Nach ihrer chemisch-mineralogischen Zusammensetzung kann man die häufiger vorkommenden Bindemittel der klastischen Gesteine in folgende Beständigkeitsklassen einteilen:

- I. Klasse: Rein kieseliges Bindemittel.
- II. „ Aus klastischem Silikatgesteinstaub bestehendes, stark silifiziertes Bindemittel.
- III. „ Aus klastischem Silikatgesteinstaub bestehendes, nur schwach silifiziertes Bindemittel.
- IV. „ a) Stark silifiziertes, wesentlich toniges Bindemittel;
b) Kristallinisches Kalkbindemittel.
- V. „ Schwach silifiziertes, wesentlich toniges Bindemittel.

- VI. Klasse: a) Rein toniges Bindemittel;
 b) Erdig-kalkiges Bindemittel.
- VII. „ Die unter IVb und VI genannten Bindemittel bei Gegenwart von reichlichem Eisenkies oder anderen Sulfiden im Gestein.

Wie für das Bindemittel der deutlich körnigen Gesteine, so erlangt die Silifizierung auch für die tonige Grundmasse der pelitischen Gesteine, namentlich der Tonschiefer, eine besondere Bedeutung, indem sie die Erweichungsfähigkeit derselben in Wasser erheblich herabmindert.

Auch die kalkigen Gesteine erhalten durch Kieselsäure-Imprägnation eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Einflüsse.

458. Zu 3. Die Frostbeständigkeit der klastischen Gesteine hängt im allgemeinen ab

1. von ihrer Porosität und ihrem Sättigungskoeffizienten;
2. von der Festigkeit ihres Bindemittels resp. der Erweichungsfähigkeit desselben in Wasser;
3. von ihrer Struktur und morphologischen Ausbildung;
4. von ihrer stichfreien Beschaffenheit.

459. Hinsichtlich des Einflusses, den neben der substanziellen Zusammensetzung die Struktur und morphologische Ausbildung auf die Wetterbeständigkeit der Gesteine dieser Gruppe ausüben, läßt sich der allgemeine Erfahrungssatz aufstellen:

Die klastischen Gesteine sind unter sonst gleichen Verhältnissen um so widerstandsfähiger gegen die Einwirkung der Atmosphärlilien, je weniger eine parallele Anordnung ihrer Gemengteile sowie ihrer Hohlräume hervortritt und je weniger die Stetigkeit der Struktur durch die morphologische Ausbildung beeinträchtigt wird.

Die vorstehende allgemeine Darlegung der für die Wetterbeständigkeit der natürlichen Bausteine in Betracht kommenden Verhältnisse mag genügen, um die Richtung zu bezeichnen, welche die Untersuchung der Gesteine auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Wirkung der Atmosphärlilien einzuschlagen haben wird.

Kapitel 24.

Dauerversuche zur Ermittlung der Verwitterungsfähigkeit der Gesteine innerhalb bestimmter Zeiträume.

A. Bisherige Versuche.

460. Wenn die Dauerversuche wegen der langen Zeiträume, die sie in Anspruch nehmen, auch für die praktische Gesteinsprüfung nicht in Betracht kommen können, so sind sie doch von namhafter Bedeutung für das theoretische Studium des Verwitterungsprozesses.

Schon im Jahre 1869 hatte Pfaff¹⁾ es unternommen, zu bestimmen, wie viel von geschliffenen Platten im Freien aufgestellter Gesteine durch den Einfluß der Atmosphärrillen abgetragen wird.

Diese Versuche ergaben folgende Resultate:

| | Gewichts- verlust g | Abgetragene Schicht mm | Abgetragene Schicht, berechnet auf 100 Jahre mm ²⁾ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1. Kalkstein von Solenhofen (Platte 6 × 4,2 cm Oberfl.) nach 2 Jahren . | 0,180 | 0,0137 | 0,860 |
| „ 3 „ | 0,263 | 0,0400 | 1,330 |
| 2. Syenit vom Fichtelgebirge (Platte 10,2 × 7,7 × 1,9 cm) nach 2 Jahren . | 0,142 | 0,0022 | 0,110 |
| „ 3 „ | 0,395 | 0,0062 | 0,206 |
| 3. Granit vom Fichtelgebirge (Platte 11,1 × 7,4 × 1,9 cm) poliert, nach 1 Jahr | 0,572 | 0,0085 | 0,850 |
| 4. Granit vom Fichtelgebirge (Platte 11 × 7,6 × 2,1 cm) nicht poliert, nach 1 Jahr | 0,475 | 0,0076 | 0,760 |

Die Beobachtungen an den beiden erstgenannten Gesteinen lassen eine beträchtliche Steigerung der Abtragung bereits im dritten Jahre erkennen.

461. Später (1879) veröffentlichte Hilger³⁾ die Resultate einer größeren Reihe von Verwitterungsversuchen, die Schütze (1884) und

¹⁾ Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1872, Bd. 24, S. 405 u. Allgem. Geologie 1873, S. 317.

²⁾ Es ist hierbei jedoch außer Betracht gelassen, daß die Verwitterung im Laufe der Zeit eine progressive Steigerung erfährt.

³⁾ Landwirtsch. Jahrbücher Bd. VIII, S. 1 u. f.

Bißinger (1894) an demselben Gesteinsmaterial fortgesetzt haben. Die betreffenden Arbeiten waren zu dem Zweck unternommen worden, um die aus der Verwitterung von Gesteinsgrus resultierenden Bodenbildungen in agronomischer Hinsicht zu untersuchen.

Zur Verwendung gelangten hierbei folgende Gesteine:

1. Jurasandstein (Personaten-Schichten) aus dem braunen Jura von Hetzlas;
2. Keupersandstein (Stubensandstein) der Umgegend von Erlangen;
3. Jurakalkstein von Hetzlas;
4. Glimmerschiefer von Munzig.

Die Gesteine wurden zerkleinert und nach sorgfältiger Befreiung von den lose anhängenden Partikeln in möglichst gleichmäßigen Stücken für die Untersuchung ausgewählt. Geeignete Zinkkästen, deren Regenaufnahmeöffnung 1000 qcm betrug, dienten dazu, das Probematerial der Witterung auszusetzen. Alljährlich oder in größeren Zwischenräumen wurde der mechanische Zerfall der Gesteinsproben unter Anwendung der Knop'schen Bodensiebe festgestellt und behufs Ermittlung der chemischen Vorgänge die einzelnen Siebrückstände der quantitativen chemischen Analyse unterworfen.

Die von L. Bißinger¹⁾ mitgeteilten Resultate waren folgende:

1. Jurasandstein.

Ursprüngliche Größe der Körner 10—20 mm Durchmesser. Beginn des Versuches am 1. Juni 1875.

| Mechanischer Zerfall ²⁾ | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Knopsche Bodensiebe | Angewandt wurden: 20,501 kg | | | | 10 kg |
| | 1. Juni 1876 kg | 1. Juni 1877 kg | 1. Juni 1878 kg | 1. Juni 1884 kg | 1. Juni 1892 kg |
| Rückstand: | | | | | |
| I. Maschenweite 6 $\frac{1}{2}$ mm . | 9,966 | 9,610 | 9,517 | 6,879 | 2,30 |
| II. „ 4 $\frac{1}{2}$ „ . | 6,893 | 5,652 | 3,621 | 5,243 | 1,45 |
| III. „ 2 „ . | 0,692 | 0,581 | 1,100 | 1,386 | 0,69 |
| IV. „ 1 „ . | 0,062 | 0,055 | 0,203 | 0,181 | 0,10 |
| V. „ $\frac{1}{2}$ „ . | 0,027 | 0,033 | 0,058 | 0,065 | 0,12 |
| VI. Feinerde | 2,860 | 4,570 | 5,002 | 6,402 | 5,30 |

¹⁾ Über Verwitterungsvorgänge bei kristallinen und Sedimentärgesteinen. Erlangen. Diss. 1894.

²⁾ Es ist hier die Bezeichnung des Autors „Mechanischer Zerfall“ beibehalten, da die chemische Zersetzung so unbedeutend erscheint, daß sie zur Zerbröckelung des Gesteins nur sehr wenig beigetragen haben dürfte.

| Chemische Zersetzung | | | | | Das von dem Gestein ablaufende Regenwasser hatte vom 1. Juni 1875 bis 1. Juni 1880 gelöst g | Das in dem gleichen Zeitraum frei aufgefangene Regenwasser enthielt g |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| | Ursprüngliches Gestein 1875 | Siebrückstand I 1892 | Feinerde VI 1892 | Schlamm-mehl 1892 | | |
| SiO ₂ | 91,03 | 91,69 | 89,79 | 88,18 | — | — |
| SiO ₂ in HCl löslich | 1,12 | 0,21 | 0,46 | 1,02 | 0,125 | 0,006 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,18 | 2,08 | 4,22 | 4,01 | } 0,023 | 0,025 |
| Al ₂ O ₃ | 1,00 | 2,78 | 2,65 | 2,11 | | |
| CaO | 0,18 | 0,05 | 0,08 | 0,07 | 1,469 | 0,415 |
| MgO | — | — | Spur | — | 0,057 | 0,062 |
| K ₂ O | 1,61 | 1,58 | 1,25 | 1,00 | 0,279 | 0,335 |
| Na ₂ O | 0,57 | 0,45 | 0,80 | 2,04 | 0,497 | 0,131 |
| SO ₃ | 0,54 | 0,37 | 0,29 | 0,57 | } 1,168 | 0,654 |
| P ₂ O ₅ | 0,45 | 0,09 | 0,07 | 0,11 | | |
| H ₂ O | 1,12 | 1,31 | 0,93 | 1,41 | — | — |
| | 99,80 | 100,61 | 100,54 | 100,52 | 3,618 | 1,628 |

2. Keupersandstein.

Ursprüngliche Größe der Körner 10—20 mm Durchmesser. Beginn des Versuches am 1. Juni 1875.

Mechanischer Zerfall

| Siebrückstand | 1876 kg | 1877 kg | 1878 kg | 1884 kg | 1892 kg |
|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-------------|
| I. | 10,310 | 8,462 | 6,767 | 4,209 | 2,10 |
| II. | 2,709 | 2,904 | 2,005 | 2,330 | 1,32 |
| III. | 1,275 | 1,373 | 1,627 | 1,749 | 1,13 |
| IV. | 2,660 | 3,563 | 5,627 | 3,063 | 7,98 |
| V. | 2,371 | 3,004 | 9,228 | 7,397 | 2,75 |
| VI. Feinerde | 0,516 | 0,537 | 0,589 | 0,4774 | 0,64 |

| Chemische Zersetzung | | | | | Das von dem Gestein ablaufende Regenwasser hatte vom 1. Juni 1875 bis 1. Juni 1880 gelöst | Das in dem gleichen Zeitraum frei aufgefangene Regenwasser enthielt |
|------------------------------------|----------------------|------------------|-------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Ursprüngliches Gestein 1875 | Siebrückstand I 1892 | Feinerde VI 1892 | Schlamm-mehl 1892 | g | | |
| SiO ₂ | 91,86 | 91,28 | 86,91 | 70,46 | — | — |
| SiO ₂ in HCl löslich | 1,20 | 0,19 | 0,31 | 1,68 | 0,145 | 0,006 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,12 | 0,82 | 3,80 | 2,56 | } 0,027 | 0,025 |
| Al ₂ O ₃ | 3,90 | 3,26 | 6,18 | 11,95 | | |
| CaO | 0,61 | 0,03 | 0,31 | 0,51 | 0,797 | 0,415 |
| MgO | — ? | — ? | 0,34 | — ? | 0,087 | 0,062 |
| K ₂ O | 0,27 | 1,57 | 1,11 | 4,97 | 0,786 | 0,335 |
| Na ₂ O | 0,41 | 0,42 | 0,30 | 3,25 | 0,990 | 0,131 |
| SO ₃ | 0,40 | 0,47 | 0,60 | 0,40 | 1,534 | 0,654 |
| P ₂ O ₅ | 0,18 | 0,07 | 0,08 | 0,16 | — | — |
| H ₂ O | 0,50 | 1,06 | 0,70 | 4,02 | — | — |
| | 99,45 | 99,17 | 100,64 | 99,96 | 4,366 | 1,628 |

3. Jurakalk.

Ursprüngliche Größe der Körner $4\frac{1}{2}$ — $6\frac{1}{2}$ mm Durchmesser. Beginn des Versuches am 1. Juni 1875.

| Mechanischer Zerfall | | | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Siebrückstand | 1876 | 1877 | 1878 | 1884 | 1892 |
| | kg | kg | kg | kg | kg |
| II. | 23,767 | 23,700 | 23,660 | 23,411 | 18,100 |
| III. | 0,774 | 0,800 | 0,828 | 1,450 | 1,030 |
| IV. | 0,018 | 0,019 | 0,028 | 0,029 | 0,420 |
| V. | 0,010 | 0,035 | 0,014 | 0,026 | 0,155 |
| VI. Feinerde | 0,019 | 0,036 | 0,060 | 0,029 | 0,215 |

| Chemische Zersetzung | | | | | Das vom Gestein ablaufende Regenwasser hatte vom 1. Juni 1875 bis 1. Juni 1880 gelöst | Das in dem gleichen Zeitraum frei aufgefangene Regenwasser enthielt |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Ursprüngliches Gestein 1875 | Siebrückstand I 1892 | Siebrückstand V 1892 | Fein-erde VI 1892 | g | | |
| SiO ₂ | 2,51 | 2,01 | 21,35 | 14,44 | — | 0,006 |
| CaCO ₃ | 90,63 | 90,21 | 69,00 | 72,20 | 0,148 | — |
| MgCO ₃ | 2,95 | — | 1,85 | — | — | — |
| CaO | 0,52 | 0,24 | — | — | 1,161 | 0,415 |
| MgO | — ? | 1,98 | — | 2,55 | 0,124 | 0,062 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,34 | 0,23 | 1,12 | 1,25 | } 0,015 | 0,025 |
| Al ₂ O ₃ | 0,25 | 1,06 | 1,84 | 3,29 | | |
| K ₂ O | 0,30 | 0,50 | 0,69 | 0,77 | } 0,941 | 0,335 |
| Na ₂ O | 0,56 | 0,88 | 0,48 | 0,54 | | |
| P ₂ O ₅ | 0,40 | 0,03 | 0,09 | 0,26 | — | — |
| SO ₃ | 0,94 | 0,73 | 0,80 | 0,78 | 0,087 | 0,654 |
| H ₂ O | 1,08 | 2,68 | 2,02 | 2,45 | — | — |
| Org. Substanz | — | — | 1,22 | 3,03 | — | — |
| | 100,48 | 100,55 | 100,46 | 101,56 | 2,476 | 1,628 |

4. Glimmerschiefer.

Ursprüngliche Größe der Körner 4 $\frac{1}{2}$ —6 $\frac{1}{2}$ mm Durchmesser. Beginn des Versuches am 1. Juni 1875.

| Mechanischer Zerfall | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Siebrückstand | 1876 | 1877 | 1878 | 1884 | 1892 |
| | kg | kg | kg | kg | kg |
| II. | 13,79 | 13,22 | 12,43 | 11,56 | 13,25 |
| III. | 8,98 | 9,22 | 9,49 | 9,05 | 0,93 |
| IV. | 0,86 | 0,95 | 1,70 | 2,02 | 0,25 |
| V. | 0,29 | 0,34 | 0,40 | 0,37 | 0,16 |
| VI. Feinerde | 0,11 | 0,21 | 0,27 | 0,67 | 0,35 |

| | Chemische Zersetzung | | | | Das vom Gestein ablaufende Regenwasser hatte vom 1. Juni 1875 bis 1. Juni 1880 gelöst g | Das in dem gleichen Zeitraum frei aufgefangene Regenwasser enthielt g |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| | Ursprüngliches Gestein 1875 | Siebrückstand I 1892 | Fein-erde VI 1892 | Schlamm-mehl 1892 | | |
| SiO ₂ | 64,41 | 62,73 | 63,98 | 55,67 | — | — |
| SiO ₂ in HCl löslich | 1,80 | 1,02 | 0,44 | 1,75 | 0,187 | 0,006 |
| Fe ₂ O ₃ | 5,34 | 7,21 | 5,06 | 5,16 | } 0,013 | 0,025 |
| Al ₂ O ₃ | 18,60 | 19,49 | 22,33 | 26,74 | | |
| CaO | 0,44 | 0,21 | 0,08 | 1,41 | 0,772 | 0,415 |
| MgO | 1,24 | 1,61 | 0,07 | 1,09 | 0,226 | 0,062 |
| K ₂ O | 3,89 | 3,64 | 3,54 | 3,08 | } 0,960 | 0,335 |
| Na ₂ O | 2,16 | 0,80 | 1,56 | 1,55 | | |
| SO ₃ | 0,71 | 0,28 | 0,21 | 0,33 | 1,237 | 0,654 |
| P ₂ O ₅ | 0,01 | 0,22 | 0,16 | 0,14 | — | — |
| H ₂ O | 2,04 | 2,44 | 3,08 | 3,77 | — | — |
| | 100,46 | 99,65 | 100,51 | 100,69 | 3,395 | 1,628 |

461. Die vorstehenden Versuche sind, wie angegeben, mit etwa 25 kg klein geschlagener Gesteinsstücke von durchschnittlich 15 mm Durchmesser ausgeführt worden; sie boten daher eine Gesamtoberfläche von etwa 3 qm der atmosphärischen Einwirkung dar. Nach einer 17jährigen Versuchsdauer ergab sich, daß der mechanische Zerfall des grusartigen Gesteinsmaterials ein sehr bedeutender war, während die chemischen Veränderungen desselben äußerst geringfügig erscheinen. Man vergleiche hierüber die ursprüngliche chemische Zusammensetzung der Gesteine mit der ihrer Siebrückstände I (1892), sowie die Analyse des von den Gesteinen abgetropften Wassers mit derjenigen des frei aufgefangenen Regenwassers¹⁾. Wie die Gesteinsanalysen, welche vor und nach dem 17jährigen Versuch ausgeführt wurden, kaum erheblich größere Abweichungen erkennen lassen, als sie bei verschiedenen Durchschnittsproben desselben Gesteins vielfach gefunden werden, so enthielt auch das Lösungswasser an festen Bestand-

¹⁾ Wenn die feineren Siebrückstände eine größere Abweichung ihrer chemischen Zusammensetzung ergeben, so erklärt sich das aus dem Umstande, daß die verschiedenen Bestandteile des Gesteins, bei der mechanischen Desaggregation desselben, zu ungleichkörnigem Pulver zerfallen.

teilen, abzüglich derer des Regenwassers, nur 0,003 bis 0,01 % des angewandten Gesteinsquantums.

Es liefern diese Untersuchungen einen weiteren Beitrag zu dem Erfahrungssatz, daß der für beschränkte Zeiträume in Frage kommende Verwitterungsvorgang im allgemeinen ein wesentlich mechanischer Prozeß ist, der durch chemische Veränderungen nur in geringfügiger Weise unterstützt wird. Daß es auch Gesteine gibt, deren Verwitterung, zufolge eines Gehalts an Eisenkies, an bituminösen Substanzen usw., in erster Linie auf chemische Vorgänge zurückzuführen ist, wurde bereits an anderer Stelle hervorgehoben.

B. Vorschläge zu weiteren Versuchen.

462. Sollen Dauerversuche der vorgedachten Art eine Bedeutung für die bautechnische Gesteinsprüfung gewinnen, so wird das Probematerial in formatisierten Stücken zu verwenden sein, und es werden außer den chemisch-mineralogischen Untersuchungen auch solche Prüfungen zur Ausführung gelangen müssen, welche die sukzessive Auflockerung des Gesamtgefüges wie der einzelnen Gesteinsbestandteile erkennen lassen.

Derartige Versuche erscheinen wohl geeignet, unsere Kenntnis des Verwitterungsvorganges zu vervollständigen und namentlich interessante Beiträge für die ziffermäßige Bewertung der den Wetterbeständigkeitsgrad bedingenden Gesteinseigenschaften zu liefern. An die Ausführung solcher Prüfungen sind nachstehende spezielle Anforderungen zu stellen:

1. Zunächst ist das fragliche Gestein auf alle, die Wetterbeständigkeit im allgemeinen beeinflussende Eigenschaften zu prüfen, und es sind zu diesem Zweck folgende Untersuchungen an dem Probematerial auszuführen:

- a) die chemische Analyse desselben;
- b) die mikroskopisch-mineralogische Untersuchung in Gesteinsdünnschliffen;
- c) die Feststellung der Porosität und des Wasseraufsaugungsvermögens, einschließlich der Bestimmung des Sättigungs- und Verteilungskoeffizienten;
- d) die Festigkeitsprüfung des Gesteins in trockenem und wasser-gesättigtem Zustande.

2. Die der Witterung auszusetzenden Proben des auf die vorstehende Weise untersuchten Materials erhalten teils die für die Festig-

keitsprüfung geeignete Form, teils die Form von Würfeln mit 5 cm Kantenlänge.

Die Festigkeitsprüfung des trockenen und wassersatten Materials sowie die mikroskopische Untersuchung der von den Probekörpern anzufertigenden Dünnschliffe ist, je nach dem Grade der äußeren Verwitterungserscheinung, in Zwischenräumen von 2—10 Jahren auszuführen, während die folgenden Untersuchungen alljährlich zu wiederholen sind:

- a) Feststellung der äußerlich wahrnehmbaren Veränderung;
- b) Gewichtsbestimmung der bei 30° C. getrockneten Probewürfel;
- c) Gewichtsbestimmung und mikroskopische Untersuchung der etwa abgebröckelten Teile;
- d) Porositäts- und Wasseraufsaugungsbestimmung;
- e) quantitative Analyse des während des Versuchsjahres von jedem der Probewürfel abgeflossenen Wassers, nebst Vergleichsanalyse des aufgefangenen Regen- und Schneewassers.

3. Die gesamte Versuchszeit richtet sich nach dem Wetterbeständigkeitsgrade der betreffenden Gesteine. Für einigermaßen wetterfestes Material wird eine Zeitdauer von mindestens 30 Jahren in Aussicht zu nehmen sein, während an unbeständigen Materialien schon in kürzeren Zeiträumen verwertbare Resultate zu erwarten sein dürften. Besondere Sorgfalt ist darauf zu verwenden, daß sämtliche Probekörper eines Gesteinsvorkommens aus derselben Schichtlage hergestellt werden.

463. Um die Probewürfel der Einwirkung der Witterung aussetzen und die etwa abbröckelnden Stücke, sowie das abfließende Regen- und Schneewasser für die Analyse auffangen zu können, dürfte die im folgenden beschriebene und in Fig. 139 abgebildete Vorrichtung zweckdienlich erscheinen.

Ein Porzellantrichter von 13,5 cm oberer Öffnung enthält in der Mitte einen mehrfach durchlochtem Porzellanteller *a*, auf welchem der Probewürfel mittels eines Bindfadens befestigt wird. Der Trichter ist in den Hals einer starken, zylindrischen Glasflasche von 42 cm Höhe und 17 cm Durchmesser eingeschliffen und trägt unten eine aufgeschliffene Glasröhre *r* zur Aufnahme des abbröckelnden Gesteinsmaterials. Die Kommunikation der Röhre *r* mit dem Inhalt der Flasche wird durch mehrere bei *o* befindliche Öffnungen vermittelt. Die Größe der Flasche ist reichlich so bemessen, daß sie die auf den Trichter auffallende maximale Regenmenge eines Jahres aufzunehmen vermag.

Zur besseren Dichtung werden die vorstehenden Ränder *b* und *c* an Trichter und Flasche mit Gummipapier überbunden. Die Verbindung des Trichters mit der Röhre *r* ist durch einen aufgezogenen Kautschukring gesichert. Die Flasche wird, damit sie nicht vom Winde umgeworfen werden kann, in einen aus Messingblech gefertigten Zylinder gestellt, welcher an die hölzerne Platte des Gestells angeschraubt ist.

Der Gesteinswürfel wird an einer Seite gezeichnet, damit er nach der alljährlichen Untersuchung, in gleicher Weise nach der Himmelsrichtung orientiert, wieder aufgestellt werden kann.

Um die Menge des aus der Luft in die Flasche hineingespülten Staubes zu bestimmen, wird neben die Versuchsflaschen eine ebensolche Flasche mit Trichter, jedoch ohne Gesteinswürfel aufgestellt und der Wassergehalt dieser Flasche ebenfalls alljährlich analysiert.

Für die Aufnahme der plattenförmigen Proben von Dachschiefeln erhält der Trichter eine entsprechende Vergrößerung.

Die zur Festigkeitsprüfung bestimmten Gesteinsstäbe werden auf einem mit Messinggeflecht überzogenen Gestell gelagert.

464. Nicht minder wichtig wie die vorgedachten Untersuchungen erscheinen Dauerversuche zur Feststellung des Verhaltens der Gesteine im Süß- und Meerwasser. Hierzu werden geeignete Wasserkästen, welche mit einer Vorrichtung zum Ansammeln des abbröckelnden Materials versehen sind, zu verwenden sein. Um die Einwirkung des Wassers von der des Frostes getrennt beobachten zu können, müßte ein Teil dieser Kästen in frostfreien Räumen, der andere im Freien aufgestellt werden. Für letztere ist die Erhaltung eines annähernd konstanten Wasserniveaus zweckmäßig, damit größere Gesteinswürfel so eingestellt werden können, daß sie zur Hälfte aus dem Wasser herausragen. Auf diese Weise würden die besonders prägnanten Wirkungen zur Erscheinung gebracht werden, welche die zu Wasserbauten verwandten frostunbeständigen Gesteine in Höhe des Wasserstandes erleiden.

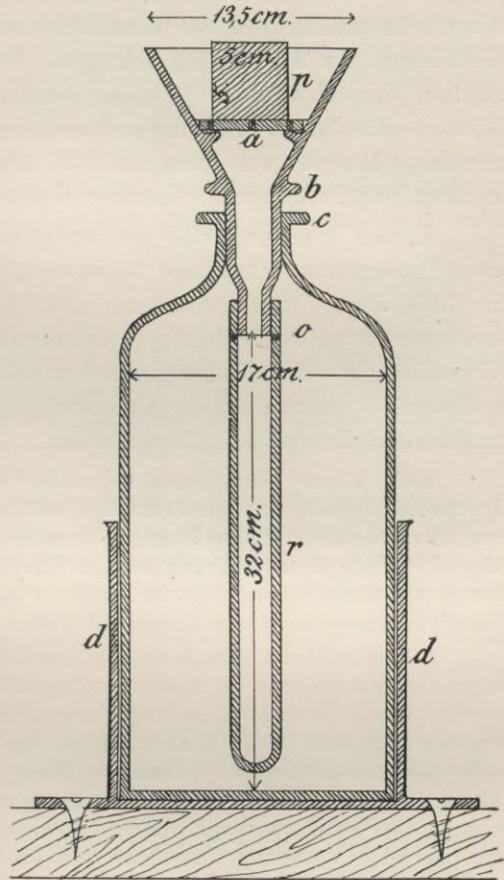


Fig. 139.

465. Alle derartigen Untersuchungen haben aber nur dann einen wissenschaftlichen und praktischen Wert, wenn sie die Möglichkeit gewähren, die ursächlichen Verhältnisse von den nebensächlichen mit Sicherheit unterscheiden zu lassen, und dies ist bei der außerordentlichen Mannigfaltigkeit und den sich gegenseitig beeinflussenden Eigenschaften der natürlichen Gesteine nur möglich, wenn die Untersuchungen an einer sehr großen Zahl der verschiedenen Varietäten einer und derselben Gesteinsart zur Ausführung gelangen. Die von dem preußischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten veranlaßten Untersuchungen über die Wetterbeständigkeit natürlicher Bausteine erstreckten sich auf ein ausgewähltes Material von mehr als 1000 älteren Bauwerken, trotzdem aber mußten dabei zahlreiche Gesteinsvarietäten unberücksichtigt bleiben.

Erwägt man nun, daß zur Bestimmung der Festigkeitsverringering eines Probegesteins innerhalb 30 Jahren, bei Wiederholung des Versuchs in 10jährigen Zwischenräumen, etwa 30 und für die übrigen Feststellungen etwa 10 Probekörper erforderlich sind, so gewinnt man eine Vorstellung von dem Umfang, welchen solche an Hunderten von Gesteinsvorkommen auszuführende Untersuchungen erheischen, wenn sie zu praktischen Ergebnissen führen sollen.

466. Einen sehr einfachen, aber nicht glücklichen Weg hat der Deutsche Verein für die Materialprüfung der Technik zur Ausführung von Dauerversuchen eingeschlagen. Derselbe hat von 24 Gesteinsvorkommen je einen Probewürfel auf Gebirgshöhen, im Flachlande und am Meeresufer aufstellen lassen, an denen nunmehr die im Laufe der Jahre sich etwa zeigenden äußeren Verwitterungserscheinungen festgestellt werden sollen.

Was an solchen Proben innerhalb einer Jahrzehnte langen Versuchszeit zu erkennen ist, das zeigen in bei weitem umfangreicheren Maße die Gesteinsmaterialien unserer älteren Bauwerke, umfangreicher nicht nur hinsichtlich der Zeitdauer, sondern auch betreffs der Mannigfaltigkeit des Materials. Dabei findet man dasselbe Gesteinsvorkommen vielfach zu Hoch- und Wasserbauten verschiedenen Alters verwendet, und es läßt sich an den aus dem Innern der Werkstücke entnommenen Proben die ursprüngliche Beschaffenheit des Gesteins feststellen und mit der der Witterung ausgesetzt gewesenen Oberfläche durch eingehende chemische, mineralogische und physikalische Untersuchungen vergleichen.

Welchen Wert derartigen Untersuchungen gegenüber, für welche Probekörper aus Tausenden von Bauwerken zu gewinnen sind, die Aussetzung und äußerliche Beobachtung einzelner Steinwürfel haben soll, ist füglich nicht wohl einzusehen. Was hier in Jahrzehnten festzustellen sein wird, lehrt uns die Untersuchung weniger Stunden an dem Gesteinsmaterial eines gleichaltrigen Bauwerks.

Man ist denn auch, behufs Erzielung schnellerer Resultate dazu übergegangen, kleine, etwa 2 mm dicke Plättchen verschiedener Gesteine der Witterung auszusetzen und deren etwaigen Gewichtsverlust in gewissen Zeitabschnitten zu bestimmen.

Aber es erscheint gänzlich ausgeschlossen, daß auf diese Weise einwandfreie Ergebnisse zu erzielen sind, einmal, weil bei der strukturellen Ungleichmäßigkeit natürlicher Gesteine kleine Probestückchen überhaupt keine maßgebenden Versuchsobjekte bilden, und ferner, weil die für die Wetterbeständigkeit wichtigste Gesteinseigenschaft, die Gefügefestigkeit, an dünnen Gesteinslamellen nicht vergleichbar ist mit derjenigen an dem kompakten Gesteinsmaterial.

Denkt man sich diese Gefügefestigkeit ausgedrückt durch das Produkt $a \cdot b$, in welchem a die Bindungsintensität zweier Gesteinskörnchen, b dagegen die Anzahl der mit jedem einzelnen Korn verbundenen benachbarten Körner bildet, so ist es klar, daß b in der Gesteinsoberfläche halb so groß, an den Kanten aber nur $\frac{1}{4}$ so groß ist, als im Gesteinsinnern. Vorzugsweise aus diesem Grunde werden skulpturierte Werkstücke ungleich leichter von der Witterung zerstört als glatte Quadern.

Aber die Einbuße der Bindungsfestigkeit, welche das Gestein durch Herstellung dünner Lamellen erfährt, hängt nicht nur von der Dicke der Plättchen, sondern in erheblichem Maße auch von der Korngröße, dem Gleichmäßigkeitsgrade sowohl der Körnung, als des Gemenges der Gesteinsbestandteile und der Porenbildung ab.

Bei einem Gestein von beispielsweise 2 mm Korngröße enthält ein 2 mm starkes Plättchen nur eine Kornlage, bei einem Gestein von der Korngröße 0,2 mm aber 10 Kornlagen. In dem ersteren Falle wird deshalb die gedachte Einbuße der Bindungsfestigkeit ungleich größer sein als bei dem feinkörnigen Gestein. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei verschiedener Ausbildung der Porosität und der sonstigen strukturellen Eigenschaften.

Es besteht deshalb keine Proportionalität zwischen der Gefügefestigkeit verschiedener Gesteine und der gleichen Eigenschaft der aus ihnen hergestellten dünnen Lamellen, und schon aus diesem Grunde können die Verwitterungsbeobachtungen an solchen Präparaten keine Bedeutung für die Beurteilung des Beständigkeitsgrades der Gesteine beanspruchen.

V. Teil.

Die Bewertung des Einflusses, den die verschiedenen Eigenschaften der Gesteine auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse ausüben.

Kapitel 25.

Die ziffermäßige Bestimmung der Gesteinseigenschaften.

467. Wenn es nach Maßgabe unserer Kenntnis des allgemeinen Verwitterungsprozesses unschwer gelingt, diejenigen Eigenschaften der Gesteine festzustellen, welche in günstiger oder ungünstiger Weise ihre Wetterbeständigkeit beeinflussen, so ergeben sich Schwierigkeiten mannigfacher Art, falls die Aufgabe dahin erweitert wird, diesen Einfluß für jede der Eigenschaften ziffermäßig zu bestimmen, bzw. die Wechselwirkung günstiger und ungünstiger Eigenschaften quantitativ gegeneinander abzuwägen.

Es liegt aber auf der Hand, daß nur diejenige Methode der technischen Gesteinsuntersuchung den Bedürfnissen der Praxis genügen wird, welche dieser erweiterten Aufgabe gerecht zu werden vermag. Denn zwischen den Gesteinen, welche in hohem Maße den Angriffen der Atmosphärrilien zu widerstehen vermögen, und den gänzlich wetterunbeständigen Materialien gibt es zahlreiche Zwischenstufen, bei welchen die maßgebenden Eigenschaften nicht so scharf hervortreten, daß man auf Grund allgemeiner Erwägungen die Qualität des Gesteins zu beurteilen vermag. Die Mehrzahl der bautechnisch verwerteten Gesteinsvorkommnisse gehört dieser Kategorie an. Nun sind aber die Anforderungen, welche das Baugewerbe an die Qualität des Gesteinsmaterials stellt, je nach der Art des auszuführenden Bauwerks außerordentlich verschieden. Während für die Mehrzahl der Profanbauten

ein Material für genügend erachtet werden dürfte, welches in etwa 100 Jahren keine beträchtliche Verwitterung erwarten läßt, werden für Monumentalbauten sowie für konstruktive Teile an Eisenbahnbrücken und Viadukten usw. Gesteine der drei- bis vierfachen Widerstandsfähigkeit verlangt werden. Um daher das Baumaterial den jeweiligen Anforderungen entsprechend auswählen und hierbei die vorwaltende Menge der mittelmäßigen Gesteinsqualitäten angemessen verwenden zu können, bedarf es einer Prüfungsmethode, welche den Einfluß, den die substantiellen und strukturellen Eigenschaften der Gesteine auf ihren Beständigkeitsgrad ausüben, ziffermäßig zu bestimmen gestattet. Die Begründung einer solchen Methode hat in erster Linie zur Voraussetzung, daß die fraglichen Gesteinseigenschaften an und für sich quantitativ feststellbar sind, und ferner, daß auch für die einzelnen Verwitterungsgrade der Gesteine vergleichbare Werte gefunden werden. Ist dies der Fall, so werden sich als Grundlage für die zu begründende Prüfungsmethode zwei bezifferte Vergleichsreihen ergeben: eine, welche die Gesteinseigenschaften, und eine zweite, welche die Wetterbeständigkeitsgrade enthält, und es wird Aufgabe der weiteren Untersuchung sein, die zwischen den Gliedern beider Reihen bestehenden Beziehungen festzustellen.

468. Im allgemeinen werden sich alle diejenigen Eigenschaften der Gesteine ziffermäßig ausdrücken lassen, welche nach Gewicht, Längen- oder Körpermaß bezw. indirekt nach ihrer Widerstandsfähigkeit gegen chemische, physikalische oder mechanische Einwirkungen meßbar sind.

Hiernach sind zahlenmäßig bestimmbar:

1. die chemische Zusammensetzung der Gesteine;
2. das Mengenverhältnis der einzelnen Mineralbestandteile, soweit sie chemisch isolierbar oder mikroskopisch meßbar sind;
3. die Wasseraufsaugungsfähigkeit;
4. die absolute Porosität;
5. das spezifische Gewicht;
6. die Härte bei einfachen Gesteinen;
7. die Erweichungsfähigkeit in Wasser;
8. die Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agentien;
9. die Festigkeit gegen Druck, Zug usw.;
10. die Widerstandsfähigkeit gegen Frostwirkung durch Feststellung der etwaigen Festigkeitseinbuße;
11. die Korngröße und die Größe der Poren.

Dagegen gibt es andere und zum Teil sehr wichtige Eigenschaften, welche der Maß- und Gewichtsbestimmung nicht zugänglich sind, nämlich:

1. die Form, Verteilung und Aggregationsweise der einzelnen Gesteinsgemengteile;
2. Form und Zusammenhang der Gesteinsporen;
3. der Grad der etwaigen Parallelstruktur und Schichtung, kurzum die gesamten morphologischen Eigenschaften.

Die Identifizierung aller dieser nicht meßbaren Gesteinsverhältnisse, wie ihre stufenweise Abgrenzung, wird sich nur vergleichsweise ermöglichen lassen, und zwar durch Aufstellung einer Skala von Strukturtypen für jede Gesteinsart, unter Zuhilfenahme von Abbildungen bezw. mikroskopischer Dünnschliffe von Normalgesteinen.

469. Aber auch bei den ihrer Natur nach meßbaren Eigenschaften der Gesteine erweisen sich die üblichen Untersuchungsmethoden mitunter als unzulänglich. Es gilt dies namentlich von der chemischen Analyse, welche, abgesehen von den seltenen Fällen, in denen eine fraktionierte Anwendung derselben möglich ist, nur ein summarisches Resultat der Elementarbestandteile eines zusammengesetzten Gesteins zu liefern vermag. Wenn auch unter Umständen bei kristallinen gemengten Gesteinen, deren Komponenten mineralogisch bestimmbar sind, das quantitative Verhältnis der Gemengteile aus der Bauschanalyse durch Kalkulation (s. Abs. 215) abgeleitet werden kann, so versagt diese Methode doch vollständig bei den erdigen und staubförmigen Agglomeraten der sedimentären Gesteine. Behufs Identifizierung solcher Substanzen wird man sich darauf beschränken müssen, das Resultat der chemischen Bauschanalyse durch Feststellung der physikalischen Eigenschaften der betreffenden Substanz und ihrer mikroskopischen Erscheinungsweise zu ergänzen.

Kapitel 26.

Die Klassifikation der Gesteine nach ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse.

470. Für die Aufstellung eines Klassifikationsschemas der Gesteine stand das Material von 1059 Bauwerken im Alter von 12 bis 1850 Jahren zur Verfügung, und zwar in je einem Probestück von den am besten erhaltenen und den am meisten verwitterten Teilen der einzelnen Baulichkeiten. Da jede dieser beiden Proben eine besondere Qualitätsklasse

desselben Bruchmaterials darstellt, so handelte es sich bei Bearbeitung des fraglichen Materials um die Klassifikation von insgesamt 2118 Gesteinsproben. Dieselben liefern nicht nur Belege für die mannigfachsten Verwitterungstypen, sondern stellen auch, je nach dem Alter des betreffenden Bauwerks, die verschiedensten Verwitterungsstadien dar.

Verhältnismäßig gering war bei diesem Material die Zahl der Gesteine, welche nach jahrhundertelanger Einwirkung der Atmosphärrillen nur Spuren einer Verwitterung erkennen lassen, und nicht viel beträchtlicher die Anzahl derjenigen, welche eine nahezu vollständige Zerstörung erlitten hatten. Den extremen Gliedern der Beständigkeitskala entsprach deshalb nur ein kleinerer Teil des Untersuchungsmaterials, während die überwiegende Menge desselben ein Zwischenstadium der Verwitterung aufwies. Dieses Verhältnis entspricht auch im allgemeinen dem Verhalten der natürlichen Gesteine.

Will man daher die Qualitätsklasse der Baugesteine nach ihrem jeweiligen Verwitterungsgrade bestimmen, so muß man in dem hierfür aufzustellenden Schema die einzelnen Beständigkeitsklassen durch die Veränderungen charakterisieren, welche die ihnen zugehörigen Gesteinsmaterialien in aufeinander folgenden Zeiträumen unter dem Einfluß der Witterung erleiden.

471. Der Verlauf des Verwitterungsprozesses ist aber selbst bei solchen Gesteinen, welche innerhalb eines größeren Zeitraumes den gleichen Grad der Zerstörung zeigen, keineswegs immer ein gleichförmiger, und deshalb können Gesteine derselben Beständigkeitsqualität, insbesondere wenn die Verwitterung in dem einen Falle vorzugsweise durch den Frost, in dem anderen Falle vorwiegend durch substanzielle Veränderungen hervorgerufen wird, in den Zwischenstadien sehr ungleiche Erscheinungen darbieten.

Bei Charakterisierung der einzelnen Qualitätsklassen wird daher auf diese Verhältnisse Rücksicht zu nehmen sein, und es lassen sich hierbei insbesondere die folgenden Typen des Verwitterungsvorganges bzw. seiner Wirkungen unterscheiden:

1. Die Oberflächenverwitterung, d. h. die mit Auflockerung bzw. Substanzverlust verbundenen Veränderungen an der Gesteinsoberfläche, hält nahezu gleichen Schritt mit der Festigkeitsverminderung im Innern.

Eine solche Verwitterung setzt einen gewissen Porositätsgrad des Gesteins voraus, demzufolge die Atmosphärrillen in gleicher Weise im Innern wie an der Oberfläche zu wirken ver-

mögen. Beispiele für diese Verwitterungsform liefern vielfach die porösen Sandsteine.

2. Die Verwitterung findet im wesentlichen nur an der Oberfläche statt, während das Gestein im Innern nahezu unverändert bleibt.

Diese Art der Zerstörung findet sich vorzugsweise bei sehr kompakten Gesteinen, z. B. bei gewissen Porphyren und Basalten, wie auch bei dichten Kalksteinen, die meist eine glatte Verwitterungsrinde aufweisen.

3. Die Verwitterung beruht auf einer tiefgehenden Zermürbung des Gesteins, ohne Ausbildung einer eigentlichen Verwitterungsrinde, jedoch mit mehr oder weniger beträchtlicher Abbröckelung. In solchem Falle handelt es sich in der Regel um eine starke Frostwirkung.

472. Die Methode, welche hiernach bei Aufstellung der Qualitätsklassen zur Anwendung kommt, ist folgende: Es werden zunächst aus der Zahl der verfügbaren Gesteinsproben diejenigen ausgewählt, welche, von demselben Bruchort stammend, zu Bauten von verschiedenem Alter Verwendung gefunden haben und auf diese Weise das Fortschreiten der Verwitterung in aufeinander folgenden Zeiträumen bestimmt. Ein Beispiel mag dies, unter Bezugnahme auf das Verhalten einiger bekannter Sandsteine, erläutern:

| Verwendung | Alter des Bauwerks | Angabe über die Erhaltung des Baumaterials |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nr. 1. Sandstein von Brochterbeck. | | |
| 1. Pfarrkirche zu Riesenbeck | Etwa 100 Jahre | Gut erhalten |
| 2. Turm der Katharinenkirche zu Osnabrück | Etwa 550 Jahre | Geringe Verwitterung |
| 3. Marienkirche zu Osnabrück | Etwa 770 Jahre | Z. T. ziemlich stark verwittert, so daß einzelne Stellen reno- viert werden mußten |
| 4. Burgruine Tecklenburg . . | Etwa 900 Jahre | Zum größten Teil ziemlich stark, z. T. stark verwittert |
| Nr. 2. Sandstein von Löwenberg. | | |
| 1. Turm der evangel. Kirche zu Löwenberg | Etwa 50 Jahre | An einzelnen Quadern sehr geringe Spuren von Ver- witterung |
| 2. Stadtmauer zu Löwenberg | 400—500 Jahre | Im allgemeinen mäßige, z. T. jedoch starke Verwitterung |
| 3. Katholische Kirche (Nord- seite) zu Löwenberg . . . | Etwa 660 Jahre | An vielen Quadern mehr oder weniger starke Verwitterung |

| Verwendung | Alter des Bauwerks | Angabe über die Erhaltung des Baumaterials |
|------------|--------------------|--------------------------------------------|
|------------|--------------------|--------------------------------------------|

Nr. 3. Sandstein von Herdecke a. d. R.

| | | |
|------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------|
| 1. Rathaus zu Elberfeld . . . | Etwa 60 Jahre | An einzelnen wenigen Stellen geringe Verwitterung |
| 2. Ev. Kirche zu Remscheid . | Etwa 160 Jahre | Z. T. Verwitterung mit Abblätterung |
| 3. Schloß und Kapelle zu Hückeswagen | Etwa 600 Jahre | Zum größten Teil verwittert unter starker Abblätterung |

Nr. 4. Sandstein von Rothenburg.

| | | |
|----------------------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 1. Schleuse bei Alt-Friesack . | Etwa 55 Jahre | Deutliche Spuren von Verwitterung |
| 2. Schiffahrtsschleuse bei Spandau | Etwa 80 Jahre | Bereits ziemlich stark verwittert |
| 3. Schleuse bei Liepe | Etwa 100 Jahre | Recht stark verwittert |

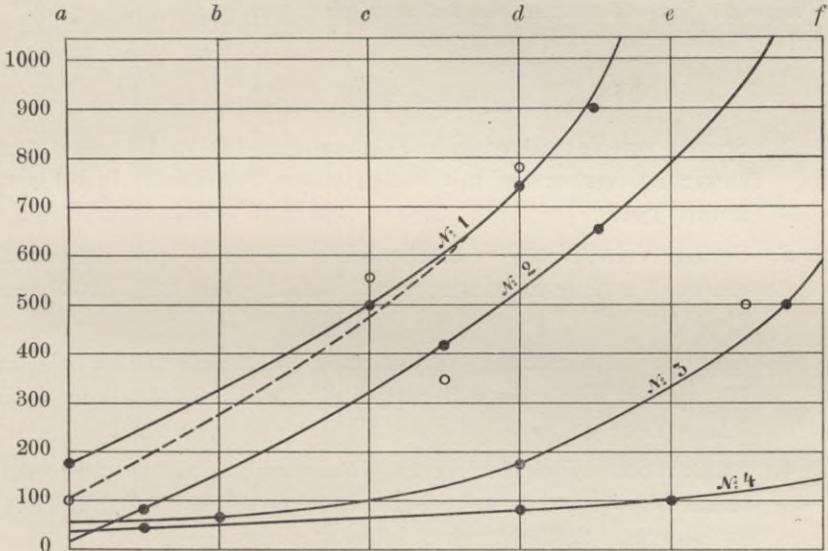


Fig. 140.

Die einzelnen Beobachtungen werden nunmehr in ein Koordinatenschema eingetragen, indem man das Alter der Bauwerke auf der Ordinate, den Verwitterungsgrad auf der Abszisse verzeichnet, wie dies Fig. 140 zeigt. Die Buchstabenbezeichnung der Abszisse hat folgende Bedeutung: a gut

erhalten, *b* Spuren von Verwitterung, *c* geringe Verwitterung, *d* ziemlich starke Verwitterung, *e* starke Verwitterung, *f* sehr starke Verwitterung.

Die Verbindungslinie der für dasselbe Gestein eingetragenen Punkte gibt ein Bild von dem Fortschreiten der Verwitterung innerhalb bestimmter Zeiträume und ermöglicht die näherungsweise Feststellung der nicht zur Beobachtung gelangten Zwischenstufen. Was die Bezifferung der hierdurch charakterisierten Qualitätsklassen betrifft, so ist dieselbe an und für sich eine willkürliche. Man wird sich jedoch zweckmäßiger in der Praxis üblichen Qualitätsbezeichnung anschließen, im übrigen aber auf angemessene Intervalle zwischen den einzelnen Klassen zu achten haben.

473. Auf diese Weise ist unter Verwendung eines umfangreichen Beobachtungsmaterials die nachfolgende Tabelle (S. 339—342) bearbeitet worden.

Zur Charakteristik der einzelnen Verwitterungstypen wurde sowohl die Veränderung der Gesteinsoberfläche als auch die Festigkeitsverminderung im Gesteinsinnern in Betracht gezogen, und es sind hierbei folgende Verwitterungsgrade unterschieden worden:

a) Grade der Oberflächenverwitterung.

1. Spuren von Verwitterung in Flächenteilen bis zu 10 qcm. Auflockerung, verbunden mit stellenweisem Substanzverlust bis zu 2 mm Tiefe.
2. Geringe Verwitterung in Flächenteilen bis zu 50 qcm. Ziemlich mürbe Verwitterungsrinde, bezw. Defekte von $2\frac{1}{2}$ bis 3 mm Tiefe.
3. Ziemlich beträchtliche Verwitterung in Flächenteilen bis zu 100 qcm. Mürbe Verwitterungsrinde, bezw. Defekte von 4 bis 6 mm Tiefe.
4. Beträchtliche Verwitterung in Flächenteilen bis zu 200 qcm. Mürbe Verwitterungsrinde, bezw. Defekte von 4 bis 7 mm Tiefe; an einzelnen Stellen auch stärkere Ausnagungen.
5. Starke Verwitterung in Flächenteilen bis zu 300 qcm. Zermürbungen, bezw. Defekte von 13 bis 20 mm Tiefe, auch vielfach stärkere Auswitterungen.
6. Sehr starke Verwitterung in Flächenteilen bis zu 400 qcm. Zermürbungen, bezw. Defekte von 21 bis 30 mm Tiefe, nebst stärkeren löcherigen Auswitterungen.

Anmerkung. Bei einzelnen Gesteinen bildet sich eine feste, dichte Verwitterungsrinde aus, während das Material im Innern mürbe wird. In solchen Fällen ist die Qualität des Gesteins lediglich nach dem Grade der Festigkeitsverminderung zu bestimmen.

b) Grade der Gesteinsauflockerung im Innern.

1. Keine merkliche Festigkeitsverminderung.
2. Geringe Verminderung der Festigkeit bis zu 1 cm Tiefe.
3. Ziemlich beträchtliche Festigkeitsverminderung bis zu 2 cm Tiefe oder vereinzelte Frostrisse.
4. Beträchtliche Festigkeitsverminderung bis zu 3 cm Tiefe oder stellenweise schwache Zerklüftung des Gesteins.
5. Starke Auflockerung bis zu 4 cm Tiefe oder ziemlich beträchtliche Zerklüftung des Gesteins.
6. Sehr starke Auflockerung bis 5 cm Tiefe und darüber oder starke Zerklüftung des Gesteins.

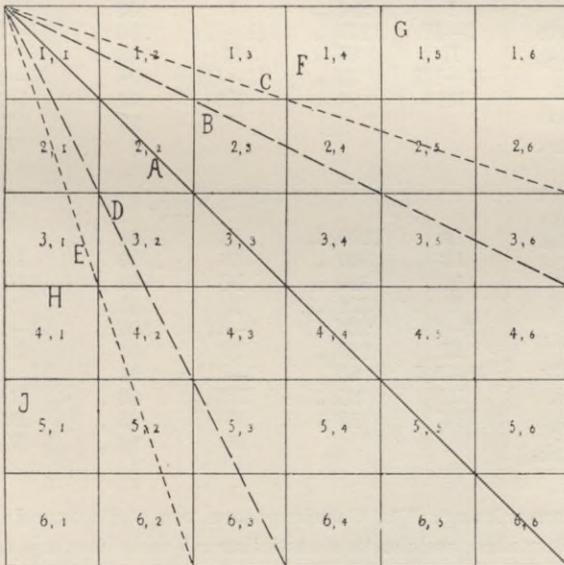


Fig. 141. (Zu Seite 341.)

Tabelle zur Klassifikation nach Maßgabe des zeitlichen Fortschreitens ihrer Ver-

| Grad der ev. Festigkeitsverminderung | Ohne merkliche Festigkeitsverminderung im Innern | | Geringe Festigkeitsverminderung bis zu 1 cm Tiefe | | Ziemlich beträchtliche Festigkeitsverminderung bis zu 2 cm Tiefe, bezw. vereinzelte Frostrisse | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes |
| Grad der Oberflächenverwitterung in größeren Flächenteilen | [1,1] | | [1,2] | | [1,3] | |
| | IA | 650 J. | IA | 950 J. | IB | 980 J. |
| | IB | 475 " | IB | 700 " | IC | 700 " |
| | IC | 350 " | IC | 500 " | I | 450 " |
| | I | 220 " | I | 320 " | I-II | 280 " |
| | I-II | 135 " | I-II | 200 " | II | 150 " |
| | II | 75 " | II | 100 " | II-III | 80 " |
| | II-III | 38 " | II-III | 55 " | III | 42 " |
| | III | 20 " | III | 30 " | IV | 22 " |
| | IV | | IV | 16 " | V | 12 " |
| Geringe Oberflächenverwitterung [Aufgelockerte Verwitterungsrinde, bezw. Defekte von 2 1/2-3 mm Stärke] | [2,1] | | [2,2] | | [2,3] | |
| | IA | 850 J. | IA | 1200 J. | IA | 1650 J. |
| | IB | 620 " | IB | 875 " | IB | 1200 " |
| | IC | 450 " | IC | 640 " | IC | 875 " |
| | I | 285 " | I | 400 " | I | 550 " |
| | I-II | 175 " | I-II | 250 " | I-II | 350 " |
| | II | 95 " | II | 130 " | II | 180 " |
| | II-III | 50 " | II-III | 70 " | II-III | 95 " |
| | III | 26 " | III | 37 " | III | 50 " |
| | IV | | IV | 20 " | IV | 27 " |
| V | | | | V | 15 " | |
| Ziemlich beträchtliche Oberflächenverwitterung [Aufgelockerte Verwitterungsrinde, bezw. Defekte von 4-6 mm Stärke] | [3,1] | | [3,2] | | [3,3] | |
| | IA | 1100 J. | IA | 1500 J. | IB | 1460 J. |
| | IB | 800 " | IB | 1100 " | IC | 1070 " |
| | IC | 590 " | IC | 800 " | I | 675 " |
| | I | 370 " | I | 500 " | I-II | 400 " |
| | I-II | 230 " | I-II | 300 " | II | 220 " |
| | II | 120 " | II | 160 " | II-III | 115 " |
| | II-III | 65 " | II-III | 90 " | III | 62 " |
| | III | 35 " | III | 46 " | IV | 33 " |
| | IV | 18 " | IV | 25 " | V | 18 " |
| V | | V | 14 " | | | |

1) Anmerkung: Für Gesteinsproben von stark exponierten Architektur- sowie von Bauteilen, welche in unmittelbarer Verbindung mit feuchtem Erdreich Qualitätsziffer um 1 Stufe; für Gesteinsproben aus Bauten im Süßwasser für dergl. Gesteinsproben aus Meeresbauten um 3 Stufen. (Näheres s. Abs. 476.)

der natürlichen Bausteine witterung im aufgehenden Mauerwerk von Hochbauten¹⁾.

| Beträchtliche Festigkeitsverminderung bis zu 3 cm Tiefe, bezw. schwache stellenweise Zerklüftung | | Starke Festigkeitsverminderung bis zu 4 cm Tiefe, bezw. ziemlich beträchtliche Zerklüftung | | Sehr starke Festigkeitsverminderung im Innern, bezw. starke Zerklüftung | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes |
| [1,4] | | [1,5] | | [1,6] | |
| I-II | 310 J. | | | | |
| II | 190 " | | | | |
| II-III | 100 " | | | | |
| III | 56 " | III | 70 J. | | |
| IV | 30 " | IV | 41 " | | |
| V | 16 " | V | 22 " | V | 28 J. |
| VI | 11 " | VI | 14 " | VI | 16 " |
| [2,4] | | [2,5] | | [2,6] | |
| IB | 1600 J. | | | | |
| IC | 1170 " | | | | |
| I | 750 " | I | 950 J. | | |
| I-II | 450 " | I-II | 600 " | | |
| II | 250 " | II | 300 " | | |
| II-III | 130 " | II-III | 160 " | II-III | 195 J. |
| III | 68 " | III | 90 " | III | 105 " |
| IV | 37 " | IV | 50 " | IV | 60 " |
| V | 20 " | V | 26 " | V | 32 " |
| VI | 13 " | VI | 15 " | VI | 19 " |
| [3,4] | | [3,5] | | [3,6] | |
| IC | 1390 J. | | | | |
| I | 875 " | I | 1106 J. | | |
| I-II | 535 " | I-II | 680 " | I-II | 840 J. |
| II | 285 " | II | 360 " | II | 420 " |
| II-III | 150 " | II-III | 190 " | II-III | 225 " |
| III | 80 " | III | 100 " | III | 125 " |
| IV | 43 " | IV | 55 " | IV | 67 " |
| V | 24 " | V | 30 " | V | 37 " |
| VI | 12 " | VI | 17 " | VI | 22 " |

teilen (unbedeckte Gesimse, Abdeckplatten usw.) und von skulpturierten Steinen stehen (Futtermauern usw.), erhöht sich die nach der Tabelle bestimmte (entnommen in der Höhe des veränderlichen Wasserstandes) um 2 Stufen und

| Grad der ev. Festigkeitsverminderung | Ohne merkliche Festigkeitsverminderung im Innern | | Geringe Festigkeitsverminderung bis zu 1 cm Tiefe | | Ziemlich beträchtliche Festigkeitsverminderung bis zu 2 cm Tiefe, bzw. vereinzelte Frostrisse | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes |
| Grad der Oberflächenverwitterung in größeren Flächenteilen | [4,1] | | [4,2] | | [4,3] | |
| Beträchtliche Oberflächenverwitterung | IA | 1400 J. | IA | 1850 J. | IB | 1750 J. |
| | IB | 1020 " | IB | 1350 " | IC | 1280 " |
| | IC | 750 " | IC | 985 " | I | 800 " |
| [Aufgelockerte Verwitterungsrinde, bzw. Defekte von 7-12 mm Stärke; auch vereinzelt stärkere Ausnagungen] | I | 470 " | I | 620 " | I-II | 500 " |
| | I-II | 290 " | I-II | 380 " | II | 265 " |
| | II | 150 " | II | 200 " | II-III | 140 " |
| | II-III | 80 " | II-III | 110 " | III | 75 " |
| | III | 43 " | III | 60 " | IV | 40 " |
| | IV | 23 " | IV | 30 " | V | 22 " |
| | | | V | 17 " | VI | 13 " |
| | | | VI | 10 " | | |
| Starke Oberflächenverwitterung | [5,1] | | [5,2] | | [5,3] | |
| [Aufgelockerte Verwitterungsrinde, bzw. Defekte von 13-20 mm Stärke; auch vielfach stellenweise stärkere Ausnagungen] | | | IB | 1640 J. | IC | 1500 " |
| | | | IC | 1200 " | I | 960 " |
| | | | I | 760 " | I-II | 590 " |
| | | | I-II | 465 " | II | 310 " |
| | | | II | 250 " | II-III | 165 " |
| | | | II-III | 130 " | III | 88 " |
| | | | III | 70 " | IV | 47 " |
| | | | IV | 40 " | V | 26 " |
| | | | V | 22 " | VI | 15 " |
| | | | VI | 12 " | | |
| Sehr starke Oberflächenverwitterung | [6,1] | | [6,2] | | [6,3] | |
| [Aufgelockerte Verwitterungsrinde, bzw. Defekte von 21-30 mm Stärke; auch stellenweise tiefe, löcherige Auswitterung] | | | IB | 1970 J. | IC | 1785 J. |
| | | | IC | 1440 " | I | 1125 " |
| | | | I | 900 " | I-II | 690 " |
| | | | I-II | 560 " | II | 370 " |
| | | | II | 300 " | II-III | 190 " |
| | | | II-III | 160 " | III | 100 " |
| | | | III | 85 " | IV | 55 " |
| | | | IV | 45 " | V | 30 " |
| | | | V | 25 " | VI | 17 " |
| | | | VI | 14 " | | |

(Erläuterung zum Gebrauch der

| Beträchtliche Festigkeitsverminderung bis zu 3 cm Tiefe, bzw. schwache stellenweise Zerklüftung | | Starke Festigkeitsverminderung bis zu 4 cm Tiefe, bzw. ziemlich beträchtliche Zerklüftung | | Sehr starke Festigkeitsverminderung im Innern, bzw. starke Zerklüftung | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes | Beständigkeitsklasse | Alter des Bauwerkes |
| [4,4] | | [4,5] | | [4,6] | |
| IC | 1625 J. | | | I | 1560 J. |
| I | 1025 " | I | 1275 J. | I-II | 960 " |
| I-II | 630 " | I-II | 785 " | II | 515 " |
| II | 330 " | II | 415 " | II-III | 270 " |
| II-III | 175 " | II-III | 215 " | III | 145 " |
| III | 95 " | III | 115 " | IV | 80 " |
| IV | 50 " | IV | 62 " | V | 42 " |
| V | 28 " | V | 34 " | VI | 25 " |
| VI | 16 " | VI | 20 " | | |
| [5,4] | | [5,5] | | [5,6] | |
| IC | 1890 J. | | | I | 1763 J. |
| I | 1190 " | I | 1460 J. | I-II | 1100 " |
| I-II | 735 " | I-II | 900 " | II | 590 " |
| II | 390 " | II | 480 " | II-III | 300 " |
| II-III | 210 " | II-III | 250 " | III | 160 " |
| III | 110 " | III | 135 " | IV | 87 " |
| IV | 60 " | IV | 72 " | V | 48 " |
| V | 32 " | V | 40 " | VI | 28 " |
| VI | 19 " | VI | 23 " | | |
| [6,4] | | [6,5] | | [6,6] | |
| I | 1375 J. | I | 1660 J. | I-II | 1200 J. |
| I-II | 850 " | I-II | 1025 " | II | 650 " |
| II | 450 " | II | 550 " | II-III | 340 " |
| II-III | 240 " | II-III | 285 " | III | 180 " |
| III | 130 " | III | 155 " | IV | 100 " |
| IV | 68 " | IV | 82 " | V | 55 " |
| V | 37 " | V | 45 " | VI | 32 " |
| VI | 22 " | VI | 26 " | | |

vorstehenden Tabelle s. Abs. 475.)

474. Diese tabellarische Zusammenstellung ermöglicht die einheitliche Klassifikation der aus älteren Bauwerken entnommenen Gesteinsproben nach Maßgabe ihres Verwitterungsgrades und der Zeitdauer,

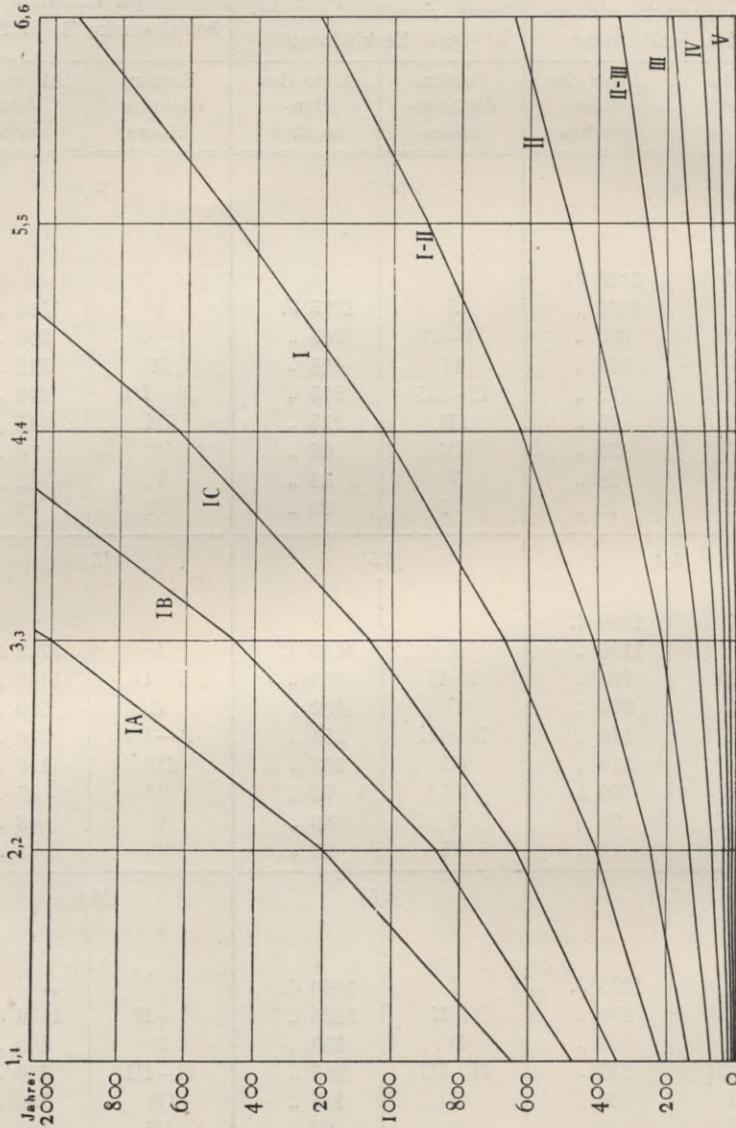


Fig. 142.

während der sie dem Einfluß der Atmosphärien ausgesetzt waren. Dabei ist auch den verschiedenen Arten der Verwitterung, wie sie durch das Vorherrschen der einen oder anderen Verwitterungsursache zur Geltung

gelangen, Rechnung getragen worden. Es mögen die hierbei in Frage kommenden Verhältnisse durch Fig. 141 S. 338 erläutert werden, in welcher die Einteilung der Klassifikationstabelle in kleinerem Maßstabe wiederholt ist, mit der Felderbezeichnung durch die Ziffern der Horizontal- und Vertikalkolumnen.

Wird die Verwitterung lediglich durch den Frost bewirkt, so gibt die Linie *C* den Verlauf des Zerklüftungsprozesses an (man vergleiche hiermit die Klassifikationstabelle auf S. 339). Kommt neben der Frostwirkung noch eine untergeordnete Auflockerung durch substanzuelle Veränderungen in Frage, so verläuft die Verwitterung in der durch die Linie *B* angezeigten Weise. Beruht die Zerstörung lediglich auf Erweichung, Abschlämmung, Auflösung oder substanzueller Veränderung, so stellt für sehr dichte Gesteine die Linie *E*, für mehr poröse Gesteine die Linie *D* den Verlauf der Verwitterung dar. Wirken endlich die verschiedenen Agentien gleichmäßig auf das Gestein ein, so daß die äußerliche Zerstörung mit der inneren Auflockerung gleichen Schritt hält, so schreitet die Verwitterung in der durch die Linie *A* bezeichneten Weise fort. Wie in dem letzteren Falle der Verlauf der Verwitterung für die einzelnen Qualitätsklassen sich gestaltet, ist aus Fig. 142 ersichtlich. In derselben entsprechen die Horizontallinien den Verwitterungszeiten, die mit der Felderbezeichnung der Klassifikationstabelle versehenen Vertikalen den Verwitterungsgraden. Hiernach steigt die Verwitterung in den unteren Qualitätsklassen IV—V annähernd in einer geraden Linie, während die Kurven in den höheren Klassen um so steiler gebogen sind, d. h. verhältnismäßig eine um so geringere Zunahme der Verwitterung in den aufeinander folgenden Zeiträumen anzeigen, je höher die Qualitätsklasse ist.

Über den Gebrauch der Klassifikationstabelle zur Bestimmung der Beständigkeitsklasse von Gesteinsproben aus Hochbauten, Wasserbauten usw.

476. Bei Benutzung der Tabelle S. 339 für die Qualitätsfeststellung des Gesteins eines Bauwerks bestimmt man an dem betreffenden Material den Grad der Oberflächenverwitterung sowie die Festigkeitsverminderung im Innern (d. h. in größerer oder geringerer Tiefe unterhalb der Oberfläche) und sucht das zu diesem Verwitterungsgrade gehörige Feld der Tabelle auf, in welchem alsdann, neben der dem Alter des Bauwerks entsprechenden Zahl, die Qualitätsklasse gefunden wird.

Beispiel: Die Gesteinsprobe aus einem 300 Jahre alten Gebäude zeige ziemlich beträchtliche Oberflächenverwitterung, jedoch nur eine geringe Festigkeitsverminderung im Innern. Hiernach würde in dem der dritten Horizontal- und der zweiten Vertikalkolumne entsprechenden Felde [3,2] die Zahl 300, gemäß dem Alter des Gebäudes, aufzusuchen sein, neben welcher die zugehörige Qualitätsklasse I—II verzeichnet ist.

477. Erheblich schneller als im aufgehenden Mauerwerk verwittern bekanntlich die Gesteine in vorstehenden Architekturteilen und skulpturierten Quadern, wie andererseits in unmittelbarer Verbindung mit feuchtem Erdreich und in noch kürzeren Zeiträumen bei ihrer Verwendung zu Wasserbauten. Es werden daher die nach der Beständigkeitsdauer festgestellten Qualitätsklassen, gemäß der verschiedenen Verwendungsart der Bausteine, eine verschiedene Bezifferung erhalten müssen, um dieselbe mit der üblichen Bezeichnungsweise in Einklang zu bringen. Während z. B. ein Gestein als erstklassig zu bezeichnen wäre, welches im aufgehenden Mauerwerk eines Hochbaues in einem Zeitraum von 400 Jahren keine erhebliche Verwitterung erlitten hat, würde man bei Verwendung eines Gesteins zu Wasserbauten den Zeitraum der vollkommenen Erhaltungsfähigkeit für erstklassige Gesteine kaum höher als 125 bis 150 Jahre bemessen können. Wollte man dagegen die gleiche Qualitätsbezeichnung, ohne Rücksicht auf die Verwendungsart des Gesteins, beibehalten, so dürfte man kaum einem der zu Wasserbauten verwandten Materialien die Qualitätsbezeichnung I beilegen können.

Um die Klassifikationstabelle (S. 339), welche nach dem zeitlichen Fortschreiten der Verwitterung an Gesteinen im aufgehenden Mauerwerk bearbeitet worden ist, auch zur Qualitätsbezeichnung der Gesteine bei anderweitiger bautechnischer Verwendung benutzen zu können, bedarf es der nachfolgenden Reduktionen:

1. für Gesteine von stark exponierten Architekturteilen (unbedeckten Gesimsen, Kragsteinen, Abdeckplatten usw.), von skulpturierten Steinen, sowie von Bauteilen, welche in unmittelbarer Verbindung mit feuchtem Erdreich stehen (Futtermauern usw.), ist die nach der Tabelle gefundene Qualitätsziffer um 1 Stufe zu erhöhen;
2. für Gesteine von Bauwerken im Süßwasser, aus dem Niveau des veränderlichen Wasserstandes entnommen, findet eine Erhöhung um 2 Stufen, für solche aus größerer Wassertiefe, unterhalb der Frostgrenze, um $1\frac{1}{2}$ Stufe statt;
3. für Gesteine von Bauwerken im Meerwasser, aus dem Niveau des veränderlichen Wasserstandes entnommen, beträgt die Erhöhung 3 Stufen, für solche aus größerer Wassertiefe, unterhalb der Frostgrenze, $2\frac{1}{2}$ Stufen.

Beispiele für die Reduktion: Ein Gestein, welches im aufgehenden Mauerwerk eines Hochbaues innerhalb 140 Jahren eine beträchtliche Oberflächenverwitterung und eine ziemlich beträchtliche Festigkeitsverminderung im Innern erlitten hat, würde nach der Tabelle (Rubrik 4,3) der Qualitätsklasse II—III zugehören. Zeigt ein Gestein denselben Verwitterungsgrad in demselben Zeitraum bei seiner Verwendung zu unbedeckten Gesimsteilen eines Gebäudes, so würde es der Klasse II zuzuzählen sein; bei Verwendung zu Bauten im Süßwasser der Klasse I—II, zu Bauten im Meerwasser der Klasse I.

Dabei mag ausdrücklich hervorgehoben werden, daß durch eine derartige Klassifikation nicht etwa ein Proportionalitätsverhältnis für die Beständigkeitsgrade eines und desselben Gesteins bei seiner verschiedenen Verwendungsweise aufgestellt werden soll. Konstante Beziehungen dieser Art sind überhaupt nicht vorhanden, vielmehr können Gesteine, welche denselben Beständigkeitsgrad bei ihrer Verwendung im Hochbau zeigen, als Wasserbaumaterialien den verschiedensten Qualitätsklassen angehören. Worauf es hier ankommt, ist lediglich die Gewinnung einer einheitlichen, dem praktischen Gebrauch entsprechenden Bezifferung für die Beständigkeitsklassen der Baugesteine, unter Berücksichtigung derjenigen Verwendungsarten, welche eine verschiedene Einwirkung der Verwitterungsagentien bedingen.

Unter Zugrundelegung einer solchen Qualitätsbezeichnung wird alsdann eine Relation festgestellt werden können, zwischen den Wertziffern der verschiedenen Eigenschaften der Gesteine und ihren Beständigkeitsgraden bei Verwendung der betreffenden Materialien zu Hochbauten, Wasserbauten usw. (Näheres s. Abs. 482.)

478. Wenn sich gegenüber der hier zur Anwendung gebrachten Klassifikationsmethode die Frage erheben ließe, ob die einzelnen Stadien der Verwitterung nicht exakter zu bezeichnen wären, wie insbesondere die Festigkeits-einbuße durch das Resultat einer mechanischen Prüfung und die Art der Oberflächenverwitterung durch spezielle Bestimmung ihres Charakters, so ist hierbei folgendes zu erwägen:

1. Feststellungen solcher Art würden bei dem ungleichen Verwitterungsgrad, den das Material eines Bauwerkes an seinen verschiedenen Stellen zeigt, nur an einer größeren Anzahl von Proben ausführbar sein, und zwar müßten dieselben für die Festigkeitsprüfung in quadergroßen Stücken zur Verfügung stehen, um daraus die erforderliche Zahl von Probekörpern herstellen zu können. Die Beschaffung eines derartigen Materials aus mehreren Hunderten älterer Bauwerke ist aber in praxi nicht wohl zu ermöglichen;
2. die chemisch-mineralogische Charakterisierung der Verwitterungsrinde an den verschiedenen Gesteinen müßte zur Aufstellung zahlreicher Verwitterungstypen für jede einzelne Gesteinsart führen und demnach auch zu einem besonderen Klassifikationsschema für dieselbe;

3. eine derartige Spezialisierung der Untersuchung würde auch gänzlich über das praktische Bedürfnis hinausgehen, dem vollauf durch die Feststellung genüge geschieht, in welchen Zeiträumen das Gestein eine derartige Veränderung erleidet, daß dadurch der künstlerische Wert des Bauwerks beeinträchtigt bezw. der Bestand desselben oder der seiner einzelnen Glieder gefährdet erscheint.

Kapitel 27.

Die Beziehungen zwischen den bezifferten Eigenschaften der Gesteine und ihrem Wetterbeständigkeitsgrade.

479. Nachdem die Methoden erläutert worden sind, nach denen die ziffermäßige Bewertung der Gesteinseigenschaften erfolgt und andererseits die Qualitätsklassen der Baugesteine, nach Maßgabe ihres Verhaltens in bestimmten Zeiträumen, bestimmt werden, kommt es nunmehr darauf an, die Beziehungen festzustellen, welche zwischen den korrespondierenden Gliedern beider Beobachtungsreihen bestehen, oder mit anderen Worten, den Einfluß zu bewerten, den die verschiedenen Eigenschaften der Gesteine auf ihren Wetterbeständigkeitsgrad ausüben.

Maßgebend für das hierbei anzuwendende Verfahren sind folgende Gesichtspunkte:

1. die Wirkung, welche die einzelnen Gesteinseigenschaften auf den Verlauf des Verwitterungsprozesses ausüben, ist nicht in allen Fällen die gleiche; sie kann sich vielmehr mit der Kombinationsweise der Gesteinseigenschaften qualitativ wie quantitativ ändern. Für welche der bezüglichlichen Kombinationsgruppen dieselbe Bewertung der Gesteinseigenschaften Geltung hat, wird durch theoretische Erwägungen, oder wo diese nicht ausreichend erscheinen, durch die Untersuchung einer größeren Zahl hierzu geeigneter Gesteine von bekanntem Wetterbeständigkeitsgrade festzustellen sein;
2. die Gesteinseigenschaften werden, insoweit sie quantitativ bestimmbar sind, durch experimentell festgestellte Zahlenwerte ausgedrückt, andernfalls durch die Glieder einer Ziffernreihe, welche lediglich eine stufenweise Abgrenzung der Gesteinseigenschaften darstellt. Eine analoge Bedeutung hat auch die Bezifferung der Qualitätsklassen.

Hiernach kann also auch innerhalb solcher Gesteinsgruppen, für welche konstante Beziehungen zwischen den beiden Zahlenreihen, der der Gesteinseigenschaften und der Qualitätsklassen, obwalten, ein Proportionalitätsgesetz zwischen den Gliedern dieser heterogenen Reihen nicht bestehen, und man wird sich darauf beschränken müssen, die Bewertung der Gesteinseigenschaften von Fall zu Fall auf rein empirischer Grundlage durchzuführen. Dabei kann in der Weise verfahren werden, daß man die Summe aller Eigenschaften eines Gesteins, welche seine Qualitätsklasse bedingen, mit der Zahl der letzteren bewertet und diese Bestimmung an Gesteinen derselben Art, aber mit einer geringeren Zahl qualitativ und quantitativ gleicher Eigenschaften wiederholt, um so aus der Differenz der Qualitätszahlen einen Maßstab für den Einfluß der einzelnen Eigenschaften zu gewinnen.

Gesetzt, ein Gestein gehöre gemäß seiner in einem bestimmten Zeitraum erlittenen Verwitterung der Qualitätsklasse III an. Die Eigenschaften, durch welche dieser Beständigkeitsgrad erfahrungsgemäß bedingt wird, seien *A*, *B* und *C* und deren aus der experimentellen Prüfung gewonnene Ziffernwerte bezw. *a*, *b* und *c*, so wird man den Gesamteinfluß der gedachten Eigenschaften durch die Ziffer 3 der zugehörigen Qualitätsklasse bezeichnen. Angenommen, es fände sich ein Gestein derselben Art mit den Eigenschaften *A* und *B*, deren Wertziffern, genau wie vorhin, *a* und *b* seien, und es ergebe die Beobachtung, daß dieses Gestein der Qualitätsklasse II entspricht, so wäre hieraus zu schließen, daß die Eigenschaft *C* in dem ersteren Falle die Qualität des Gesteins um eine Klasse vermindert habe. Demnach wird diese Eigenschaft mit der „Reduktionsziffer“ 1 zu bezeichnen sein. In gleicher Weise können Beobachtungen an weiteren hierzu geeigneten Gesteinen die Eliminierung des Einflusses von *B* ermöglichen, wodurch die Bewertung jeder einzelnen der gedachten Eigenschaften *A*, *B* und *C* durchgeführt wäre.

480. Nach dieser allgemeinen Darlegung des Prinzips, welches bei der Wertbezeichnung der Gesteinseigenschaften zur Anwendung gelangt, mag die betreffende Methode an einem bestimmten Beispiel erläutert werden.

Ein Sandsteinvorkommnis sei zu Bauwerken verschiedenen Alters verwendet worden, und es zeige das Material an einem 50 Jahre alten Gebäude geringe Spuren von Verwitterung, an einem solchen von

130 Jahren eine geringe Oberflächenverwitterung mit geringer Festigkeitsverminderung bis zu 2 cm Tiefe und an einem dritten 220 Jahre alten Bauwerke bereits eine Abwitterung bis zu 4 mm Stärke nebst beträchtlicher Verminderung der Festigkeit bis auf 2 cm unterhalb der Oberfläche, so wird das Gestein, nach der Tabelle S. 339, der Qualitätsklasse II zugehören.

Die Eigenschaften des betreffenden Sandsteins seien folgende:

1. Bindemittel: kieselig-tonig, durch Eisenoxyd gefärbt, sehr fest und mikrogranulös;
2. Gehalt an Bindemittel: 12⁰/₁₀;
3. Porositätskoeffizient: 8;
4. Zugfestigkeit in trockenem Zustande: 23,5 kg pro qcm;
5. Zugfestigkeit nach 30tägiger Wasserlagerung: 16,7 kg pro qcm.
Erweichungskoeffizient demnach $\frac{16,7}{23,5} = 0,71$;
6. Sättigungskoeffizient: 0,68.

Nun sind bei der ziffermäßigen Bewertung der Gesteinseigenschaften im allgemeinen folgende Kategorien derselben zu unterscheiden:

- a) Prävalente Eigenschaften, d. h. solche, welche in erster Linie die Widerstandsfähigkeit einer bestimmten Gesteinsart bedingen. Es gehören hierzu bei den Sandsteinen die Festigkeit der Kornbindung, die chemisch-mineralogische Zusammensetzung des Bindemittels und seine Widerstandsfähigkeit gegen die erweichende Wirkung des Wassers, sowie das mehr oder weniger beträchtliche Wasseraufsaugungsvermögen, ausgedrückt durch den Sättigungskoeffizienten.
- b) Subvalente Eigenschaften oder solche von sekundärer Bedeutung, welche auch nicht bei allen Gesteinsvorkommnissen derselben Art auftreten, wie z. B. die Schichtung, ein Gehalt an Eisenkies usw.
- c) Akzessorische oder nebensächliche Eigenschaften, wie z. B. ein Gehalt an Glimmerblättchen, an vereinzelt Glaukonit- oder Feldspatkörnchen.

Bei Klassifizierung der unter b) und c) genannten Eigenschaften ist aber auch deren Intensität bzw. Quantität zu berücksichtigen; denn es kann z. B. ein Eisenkiesgehalt je nach seiner Menge als subvalent oder als akzessorisch erscheinen.

Die prävalenten Eigenschaften des in Rede stehenden Sandsteins sind folgende: Die Kornbindungsfestigkeit und die Widerstandsfähigkeit des Bindemittels gegen Wasser, welche Eigenschaften durch die Zug-

festigkeit bzw. den Erweichungskoeffizienten zum Ausdruck gelangen. Das durch den Sättigungskoeffizienten bezeichnete relative Maß der Wasseraufsaugung kommt bei dem niedrigen Wert von 0,68 für die Bestimmung nicht in Betracht. Da das Gestein der Qualitätsklasse II angehört, so werden die gedachten Eigenschaften zusammen mit der Ziffer 2 zu bewerten sein, und man wird diese Feststellung in folgender Form verallgemeinern können: Die Summe der Wertziffern für einen Sandstein mit etwa 12% kieselig-tonigem Bindemittel und dem Porositätskoeffizienten von nahezu 8, welcher eine Zugfestigkeit in trockenem Zustande von 23,5 kg·qcm besitzt (bei einem Erweichungskoeffizienten von 0,71 und einem Sättigungskoeffizienten beträchtlich unter 0,8), beträgt 2, vorausgesetzt, daß das Gestein keine ungünstigen subvalenten Eigenschaften aufweist.

Angenommen, es fänden sich an dem 50jährigen Bauwerke einige Quadern mit einem stellenweisen Gehalt an Eisenkies von etwa 1,5% und es zeigten diese Quadern bereits eine ziemlich beträchtliche Verwitterung, so daß sie nach dem aufgestellten Schema der Qualitätsklasse II—III zuzählen wären; es sei festgestellt, daß das Material sich lediglich durch diesen Eisenkiesgehalt von den übrigen Werkstücken unterscheidet, so wäre hiernach ein Gehalt von 1,5% Eisenkies für einen Sandstein der gedachten Art mit + 0,5 zu beziffern, da er die Qualitätsziffer 2 um 0,5 erhöht.

Hat man also die prävalenten Verhältnisse eines Gesteins, welches frei von anderen, den Wetterbeständigkeitsgrad beeinflussenden Eigenschaften ist, gemäß der ihm zukommenden Qualitätsklasse beziffert, so kann man an einem zweiten Gestein, welches neben den in erster Linie maßgebenden Verhältnissen noch eine subvalente Eigenschaft aufweist, diese durch eine Ziffer ausdrücken, welche, zur Qualitätsziffer des ersten Gesteins addiert, den Qualitätsgrad des zweiten ergibt. Behufs Bewertung einer dritten subvalenten Eigenschaft wäre die Kenntnis der Qualität eines weiteren Gesteins erforderlich, welches neben den bereits bewerteten auch jene dritte Eigenschaft zeigt. Wie also zur Lösung arithmetischer Aufgaben ebensoviele voneinander unabhängige Gleichungen erforderlich sind, als unbekannte Größen bestimmt werden sollen, so wird es auch hier für jede zu beziffernde Gesteinseigenschaft je eines nach seinem Wetterbeständigkeitsgrade bekannten Gesteins bedürfen, dessen Widerstandsfähigkeit neben der zu bewertenden Eigenschaft nur noch durch Eigenschaften von bekannter Wertziffer bedingt wird.

Gesteine, welche für solche Bestimmungen geeignet sind, treten nicht selten in den verschiedenen Lagen desselben Bruches auf, und

deshalb findet man an vielen Bauwerken auch Werkstücke von sehr ungleichem Verwitterungsgrade, welche für die gedachte Untersuchung ein wertvolles Material liefern.

481. Behufs praktischer Verwendung der in solcher Weise gewonnenen Resultate wird zunächst ein „Grundschema“ für die Bezifferung der prävalenten Eigenschaften der Gesteinsart aufgestellt und demnach für jede der subvalenten Eigenschaften ein „Ergänzungsschema“, dessen Ziffern, zu denen des Grundschemas addiert, die Qualitätsziffer des zu bestimmenden Gesteins ergeben. Dabei bedient man sich, wie dies bereits bei Bewertung der Frostbeständigkeitsfaktoren erläutert worden ist (s. Abs. 329, S. 222 u. f.), einer graphischen Darstellungsmethode.

Beispiel: Angenommen, aus derjenigen Sandsteingruppe, welche durch ein mehr oder weniger stark silifiziertes, toniges, eisenoxydhaltiges Bindemittel charakterisiert ist, stehen 9 verschiedene Proben von Bauwerken ungleichen Alters für die Untersuchung zur Verfügung. Nach dem Grade ihrer Verwitterung gehören die betreffenden Gesteine gemäß dem Klassifikationsschema (s. S. 339) folgenden Qualitätsklassen an:

| | | |
|-----------------|---------------------|-----|
| Gestein A und B | der Qualitätsklasse | I |
| „ C und D | „ | II |
| „ E und F | „ | III |
| „ G und H | „ | IV |
| „ J | „ | V. |

Die Untersuchung dieser Gesteine ergibt folgende Resultate:

| Gestein | Zugfestigkeit in kg pro qcm ζ | Erweichungskoeffizient η | Gestein | Zugfestigkeit in kg pro qcm ζ | Erweichungskoeffizient η |
|---------|-------------------------------------|-----------------------------|---------|-------------------------------------|-----------------------------|
| A | 24,5 | 0,77 | F | 10,0 | 0,61 |
| B | 23,5 | 0,80 | G | 9,0 | 0,44 |
| C | 20,0 | 0,66 | H | 5,3 | 0,45 |
| D | 12,5 | 0,80 | J | 9,0 | 0,29 |
| E | 13,9 | 0,57 | | | |

Behufs Gewinnung eines Grundschemas für die Bewertung der in Rede stehenden Gesteinseigenschaften trägt man die Zugfestigkeit der untersuchten Gesteine als Ordinaten und ihren Erweichungskoeffizienten als Abszissen in ein Koordinatensystem ein (Fig. 143). Die Verbindungslinien derjenigen Punkte, welche den Gesteinen gleicher Qualitätsklasse

angehören, ergeben ein System von Kurven, aus denen man nicht nur die Mittelwerte der beiden hier in Betracht kommenden Faktoren η und ζ , welche auf diesen Kurven liegen, sondern auch die zwischen dieselben fallenden Werte näherungsweise zu bestimmen vermag. So würde z. B. ein Gestein mit dem Erweichungskoeffizienten 0,75 und der Zugfestigkeit von 15 kg·qcm als der Qualitätsklasse II angehörig zu be-

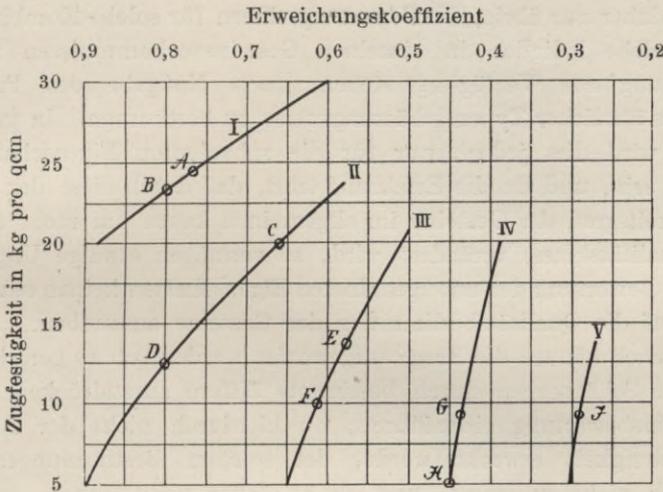


Fig. 143.

stimmen sein; ein Gestein, dessen Erweichungskoeffizient 0,8 und dessen Zugfestigkeit 17,5 kg·qcm beträgt, als der Klasse I—II angehörig, da sein Koordinatenpunkt zwischen die Qualitätskurven I und II fällt.

In analoger Weise werden die Ergänzungsschemata für die subvalenten Eigenschaften konstruiert. (Näheres s. bei den Prüfungsvorschriften für die einzelnen Gesteinsarten.)

482. Die nach der vorstehenden Methode ausgeführte Bewertung der Gesteinseigenschaften stützt sich also lediglich auf die Erfahrung von Fall zu Fall. Erfahrungsergebnisse solcher Art lassen sich jedoch nur mit genügender Sicherheit verallgemeinern, wenn sie aus einem so umfangreichen Beobachtungsmaterial gewonnen worden sind, daß die ursächlichen Verhältnisse von den nebensächlichen zuverlässig unterschieden werden können. Aber selbst dann werden die gewonnenen Ergebnisse lediglich für gleichartig zusammengesetzte Produkte Geltung haben können, und es wird sich deshalb für die einzelnen Gesteinsarten die Unterscheidung mehr oder weniger zahlreicher Gruppen als notwendig

erweisen, behufs besonderer Bewertung der in ihnen auftretenden Eigenschaften.

Bei der außerordentlichen Mannigfaltigkeit der natürlichen Gesteinsbildungen ist aber auch die Kombinationsweise ihrer Eigenschaften eine sehr zahlreiche. Wollte man nun für jede dieser Kombinationen ein eigenes Bewertungsschema aufstellen, so würde hierzu auch das umfangreichste Material, das füglich zusammenzubringen ist, nicht ausreichen. Es bleibt daher nur übrig, die Bewertungsziffern für solche Kombinationstypen, welche lediglich in einzelnen Gesteinsvorkommnissen für die Untersuchung zur Verfügung stehen, nach Maßgabe des Prüfungsergebnisses ähnlicher Typen schätzungsweise zu bestimmen. In größerem Umfange wird dies jedoch nur für die subvalenten Eigenschaften erforderlich sein, und da die Erfahrung lehrt, daß durch diese der Wetterbeständigkeitsgrad der Gesteine im allgemeinen kaum um mehr als eine viertel Qualitätsklasse verändert wird, so vermögen etwaige Ungenauigkeiten bei Bewertung der untergeordneten Eigenschaften keinen namhaften Einfluß auf die Qualitätsbestimmung der Gesteine auszuüben.

Dennoch könnte die Frage aufgeworfen werden, ob es gerechtfertigt sei, solche Schätzungen durch bestimmte Ziffern auszudrücken und in die Gesteinsbewertung einzuführen; ob hierdurch nicht der Anschein einer Genauigkeit erweckt werde, der solchen Bestimmungen ihrer Natur nach nicht zukommt, und ob es daher nicht angemessener erscheine, sich mit der allgemeinen Charakterisierung des Einflusses der nebensächlichen Eigenschaften als eines günstigen oder ungünstigen zu begnügen. Demgegenüber ist zu bemerken, daß selbst eine auf Näherungswerte der Gesteinseigenschaften gegründete Berechnungsweise des Wetterbeständigkeitsgrades den Vorteil gewährt, daß jede Ausdehnung der Untersuchung auf anderweitige Gesteinsvorkommnisse derselben Art die Möglichkeit in sich schließt, die Richtigkeit der einzelnen Werte, wie die der Gesamtmethode, zu kontrollieren, etwaige Ungenauigkeiten zu berichtigen, die Zulässigkeit einer Verallgemeinerung der einzelnen Bestimmungen zu prüfen, bezw. die Grenzen ihrer Gültigkeit festzustellen und so das System immer vollkommener und zuverlässiger auszubauen.

Diese Erwägungen sowohl, wie auch die in gleicher Richtung hervorgetretenen Forderungen der Material-Prüfungsanstalten waren die Veranlassung, auf Grund einer durchgängig ziffermäßigen Bewertung der Gesteinseigenschaften ein System für die Prüfung der natürlichen Bausteine aufzustellen. Daß dasselbe schon in seiner gegenwärtigen Form eine praktische Verwendung gestattet, dafür sprechen die in Teil V bis XVI enthaltenen Ergebnisse einer nach dem gedachten Prinzip ausgeführten

Prüfung von etwa 800, ihrem Wetterbeständigkeitsgrade nach bekannten natürlichen Bausteinen.

Aber noch in anderer Hinsicht sind diese Versuche zu beanstanden. Mancherlei Gesteine, wie beispielsweise ein großer Teil der Sandsteine und Grauwacken, enthält in den Poren pulverförmige Bestandteile (Kaolin, Eisenocker) oder in Wasser leicht erweichbare tonige Substanzen. Sind hierbei die körnigen Gemengteile durch ein festes, kieseliges Zement verbunden, so können solche Gesteine zu den wetterbeständigsten ihrer Art gehören, da die Ausschlämmung jener Porenfüllung nicht den geringsten Einfluß auf die Festigkeit des Gesteinsgefüges ausübt.

Bei den in Rede stehenden Versuchen wird aber lediglich der Gewichtsverlust bestimmt, den die kleinen Gesteinsplättchen unter dem Einfluß der Atmosphärien erleiden, und so kann es nicht ausbleiben, daß z. B. die besten kieseligen Sandsteine, mit reichlichem Eisenocker in den Poren, einen größeren Gewichtsverlust erleiden, als ein sehr mittelmäßiges Gestein dieser Art mit schwach silifiziertem Kontakt- und Porenzement.

Man ersieht auch hieraus, daß die technische Gesteinsprüfung nur dann den berechtigten Anforderungen zu genügen vermag, wenn sie sich bei Ausbildung ihrer Methoden die Ergebnisse der mineralogisch-petrographischen Forschung zu Nutze macht.

Die spezielle Prüfung der Qualitätsverhältnisse eines jeden Materials setzt notwendigerweise die genaue Kenntnis seiner allgemeinen Eigenschaften voraus.

Kapitel 28.

Die Begründung einer wissenschaftlichen Methode für die Wetterbeständigkeitsprüfung der Gesteine.

483. Während die Prüfungsmethoden für die meisten technischen Materialien, wie namentlich für die Metalle, seit langem eine allen Anforderungen entsprechende theoretische und praktische Ausbildung erfahren haben, fehlte es bis vor kurzem an einem sachgemäßen Prüfungsverfahren für natürliche Bausteine.

Die Materialprüfungsanstalten hatten sich im allgemeinen damit begnügt, die üblichen Bestimmungen der Festigkeit und des Raum-

gewichts auch auf Gesteinsuntersuchungen zu übertragen und dieselben lediglich zu ergänzen durch die Feststellung der Wasseraufsaugung und der Ausführung der experimentellen Frostprüfung, deren Resultate jedoch, wie bereits S. 246 des näheren erörtert worden ist, nur bedingungsweise von Bedeutung für die Beurteilung der Gesteine sein können.

Die bei weitem wichtigste Eigenschaft der Bausteine, ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Wirkung der Atmosphärrilien, ohne deren Feststellung die meisten anderen Untersuchungen bedeutungslos erscheinen, ist bisher, abgesehen von den durch Tetmajer in Vorschlag gebrachten Bestimmungen der Wassererweichung, bei diesen Prüfungen gänzlich unberücksichtigt geblieben, und selbst die letztgedachten wichtigen Untersuchungen sind nicht allgemein zur Einführung gelangt.

484. Um dem Bedürfnis des Baugewerbes wie der Steinbruchindustrie nach einem sachgemäßen Prüfungsverfahren für Bausteine entsprechen zu können, bedurfte es zunächst einer auf Erfahrung gegründeten Feststellung der Beziehungen, welche zwischen den mannigfachen Eigenschaften der verschiedenen Gesteinsarten einerseits, und ihrer Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluß der Atmosphärrilien andererseits bestehen.

Zur Ausführung solcher Untersuchungen ist von dem preußischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten im Jahre 1893 eine Kommission eingesetzt worden, unter deren Kontrolle jene Untersuchungen im Mineralogisch-geologischen Institut der Technischen Hochschule zur Ausführung gelangten.

Da die besseren Gesteinsqualitäten als solche erst nach jahrhundertelanger Einwirkung der Atmosphärrilien zu erkennen waren, so konnten für die vergleichenden Bestimmungen nur die Gesteinsmaterialien alter Bauwerke in Betracht kommen, und es wurden deshalb, auf Vorschlag der gedachten Kommission, die Bauämter des preußischen Staates seitens des Ministeriums zur Mitarbeit bei der Beschaffung des erforderlichen Untersuchungsmaterials herangezogen.

Die dieserhalb an die Provinzialregierungen pp. ergangene Ministerialverfügung sei hier im Wortlaut mitgeteilt:

Ministerium der öffentlichen Arbeiten.

III 15 236—I 9742.

Berlin, den 26. Juli 1893.

Das bei der Königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien zu Charlottenburg bis vor einiger Zeit auf alle natürlichen Bausteine angewendete Verfahren zur Untersuchung derselben auf ihre Wetter-

beständigkeit hat sich bei näherer Prüfung als nicht zweckentsprechend erwiesen und ist eingestellt worden¹⁾. Dagegen ist es für wünschenswert erachtet worden, daß für einzelne, besonders wichtige und häufig zur Verwendung gelangende Arten von natürlichen Bausteinen ein je nach der Natur der Steinart anwendbares Untersuchungsverfahren ermittelt würde, welches Aufschluß über den Widerstand derselben gegen die Witterungseinflüsse zu geben geeignet wäre.

Zur Ermittlung eines solchen Verfahrens habe ich im Einverständnisse mit den Herren Ministern für Handel und Gewerbe und der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten eine besondere Kommission eingesetzt, zu deren Mitgliedern bestellt sind: (folgen die Namen)²⁾.

Um für die Arbeiten der Kommission die nötigen Unterlagen zu gewinnen, bedarf es zunächst der Aufstellung von Verzeichnissen der in den verschiedenen Baukreisen aus natürlichem Gestein errichteten Baulichkeiten, welche ein Alter von mehr als 50 Jahren aufweisen oder bei geringerem Alter deutliche Spuren der Verwitterung erkennen lassen. Sodann wird die Kommission von den in den Verzeichnissen aufgeführten Baulichkeiten diejenigen auswählen, welche sie dazu für geeignet hält, daß von den zu ihrer Herstellung verwendeten natürlichen Bausteinen

¹⁾ Anmerkung des Verfassers: Auf welchem wissenschaftlichen Niveau die technische Gesteinsprüfung sich noch damals befand, geht zur Genüge daraus hervor, daß die genannte Prüfungsstation für zahlreiche Granite, Porphyre und Sandsteine, die Härte, nach der Moos'schen Skala, zu 8—9 (Edelsteinhärte), ja sogar für Kalksteine zu 7—8 bestimmte. Zur Feststellung des Wetterbeständigkeitsgrades wurden die Gesteine im Wasserbade erhitzt und in kaltem Wasser abgekühlt; mit Kochsalzlösung erhitzt und wiederum schnell abgekühlt; mit Natronlauge unter Zusatz von Schwefelammonium, wie andererseits mit einer Lösung von Eisenvitriol, Kupfervitriol und Kochsalz erwärmt, und was dgl. nichtsagende Versuche mehr waren. Erwiesen sich nach dieser Behandlung die Gesteinsproben, wie zu erwarten war, „intakt“ und blieben die angewandten Lösungen klar, so wurden die Gesteine für wetterbeständig erklärt. — Noch jetzt werden auf Grund solcher Versuche ausgestellte Prüfungszeugnisse von den Steinbruchbesitzern bei ihren Offerten benutzt.

²⁾ Zu Mitgliedern der Kommission waren ernannt worden: Geheimer Baurat Prof. H. Garbe (zugleich als Vorsitzender); Regierungs- und Baurat P. Böttger, Vorsteher d. techn. Bureaus d. Abt. für d. Bauwesen im Ministerium d. öffentl. Arbeiten; Prof. Dr. R. Finkener, Vorsteher d. chemischen Laboratoriums d. Kgl. Bergakademie und der chemisch-technischen Versuchsanstalt; Prof. Dr. R. Scheibe, Vorsteher d. Mineralogischen Instituts d. Kgl. Bergakademie; Prof. Dr. J. Hirschwald, Vorsteher d. Mineralog.-geol. Instituts d. Kgl. Technischen Hochschule; Prof. Dr. F. Rüdorff, Vorsteher d. anorg. chemischen Laboratoriums d. Kgl. Technischen Hochschule.

Probestücke behufs Untersuchung entnommen werden. Die Entnahme selbst regelt die nebst einem Formular zu den Verzeichnissen beiliegende Anweisung vom heutigen Tage.

Eure Exzellenz pp. ersuche ich hiernach ergebenst, für die Baukreise der Weichsel- bzw. Oder-, Elb- und Rheinstrombauverwaltung (die Königliche Ministerial-Baukommission beauftrage ich hiernach, für die Baukreise Ihres Bezirks, die Königlichen Eisenbahndirektionen für Ihre Bezirke) Verzeichnisse der in Frage kommenden Baulichkeiten gefälligst aufstellen zu lassen und diese der eingangs bezeichneten Kommission zu Händen ihres Vorsitzenden tunlichst binnen sechs Wochen unmittelbar zu übersenden, demnächst auch dem zu gewärtigenden Wunsche der Kommission entsprechend für Entnahme und Einsendung der zu untersuchenden Probestücke Sorge zu tragen.

Der Minister der öffentlichen Arbeiten.

gez. Thielen.

An die Königlichen Herren Ober-Präsidenten zu Danzig, Breslau, Magdeburg und Koblenz, die Königlichen Herren Regierungs-Präsidenten, die Königlichen Eisenbahndirektionen und die Königliche Ministerial-Baukommission hieselbst.

Die der Kommission aus 222 Baukreisen zugegangenen Berichte enthielten die gewünschten Angaben von zusammen 2953 aus natürlichem Gestein errichteten Bauwerken. Darunter waren eine große Zahl von 300 bis 600 Jahre alten Gebäuden, und nicht unerheblich war die Zahl von Bauwerken im Alter von 600 bis 1000 Jahren.

Auf Grund dieser Berichte wurden nunmehr diejenigen Baulichkeiten ausgewählt, von welchen Gesteinsproben für die auszuführende Untersuchung entnommen werden sollten.

Maßgebend für die zu treffende Auswahl waren folgende Gesichtspunkte:

1. Es sollten möglichst alle wichtigeren Gesteinsvorkommnisse des preußischen Staates zur Untersuchung gelangen.

2. Jede Gesteinsart sollte in einer möglichst vollständigen Qualitätsreihe, von ihren widerstandsfähigsten bis zu den am leichtesten verwitterbaren Vorkommnissen vertreten sein.

3. Falls dasselbe Gestein zu Bauwerken von namhaft verschiedenem Alter verwendet worden war, sollten solche Bauwerke bei der Auswahl besonders berücksichtigt werden, deren Material über das Fortschreiten der Verwitterung innerhalb bestimmter Zeitabschnitte einen sicheren Anhalt gewährte.

4. Hat eine Verwendung desselben Gesteins zu Hochbauten, Erd- und Wasserbauten stattgefunden, so sind Belegstücke von allen diesen Bauten einzusenden behufs Feststellung der besonderen Wirkungen, welche die Agentien der Luft, der Erdfeuchtigkeit sowie des Fluß- und Seewassers an dem betreffenden Gestein hervorgerufen haben.

Von jedem für die Untersuchung in Angriff genommenen Bauwerke sollten eingefordert werden: eine Probe des Gesteins von den am besten erhaltenen Stellen, eine Probe von den am meisten verwitterten Stellen und, falls die Herkunft des Gesteins sich mit Sicherheit feststellen ließ und der betreffende Bruch noch in Betrieb stand, eine Probe frischen Bruchgesteins. Bei Wasserbauten war eine Probe aus dem Bereich des veränderlichen Wasserstandes sowie eine Probe aus größerer Höhe über dem Wasserspiegel zu entnehmen.

Hiernach wurden aus den eingereichten Listen ausgewählt:

| | |
|----------------------------------------------|-------------------|
| 1. Sandsteine, einschl. Grauwacken | von 532 Bauwerken |
| 2. Kalksteine, einschl. Dolomit und Marmor „ | 173 „ |
| 3. Dachschiefer | 122 „ |
| 4. Granit nebst Syenit | 27 „ |
| 5. Gneis und kristalline Schiefer | 37 „ |
| 6. Porphyr und Porphyrtuff | 28 „ |
| 7. Trachyt und Andesit | 22 „ |
| 8. Basalt und Basaltlava | 48 „ |
| 9. Vulkanische Tuffe | 58 „ |
| 10. Schalstein | 12 „ |

im ganzen Proben von 1059 Bauwerken

nebst 950 Proben des zugehörigen frischen Bruchgesteins.

485. Die Untersuchung dieses umfangreichen Materials erforderte die Ausführung von 809 qualitativen und quantitativen chemischen Analysen, 4276 Porositäts- bzw. Wasseraufsaugungsbestimmungen, 590 Härteprüfungen an dichten Gesteinen in trockenem und wassersattem Zustande, 4026 mineralogische Untersuchungen, 3025 mikroskopische Dünnschliffbestimmungen, 1071 Schlämmanalysen, 1010 Festigkeitsprüfungen an je 10 Probestücken, 845 Frostversuche, 460 Färbungsprüfungen und außerdem zahlreiche mikroskopische und chemische Analysen zur Feststellung der Identität der eingesandten frischen Bruchgesteine mit den alten Baugesteinen von angeblich gleicher Herkunft.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, welche eine Arbeitszeit von 15 Jahren in Anspruch nahmen, wurden in dem im Auftrage des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten herausgegebenen Werk: J. Hirschwald, Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit, Berlin 1908, veröffentlicht.

Soweit die betreffenden Resultate für die Prüfung der einzelnen Gesteinsarten bezw. zur Begründung der Prüfungsmethoden in Betracht kommen, sind dieselben in den folgenden Kapiteln dargelegt worden.

Da die sedimentären Gesteine nach ihrer Zusammensetzung und Struktur, und demgemäß auch hinsichtlich ihrer Wetterbeständigkeit die allergrößten Verschiedenheiten aufweisen, so ist die Qualitätsbestimmung für diese Gesteinsgruppe von besonderer Wichtigkeit. Aus diesem Grunde, und weil die Prinzipien der Prüfungsmethode an den mannigfachen Ausbildungsformen dieser Gesteine am vollständigsten zu erläutern sind, sollen dieselben zunächst behandelt werden.

VI. Teil.

Die Sandsteine und ihre Prüfung.

Kapitel 29.

Allgemeine petrographische Charakteristik.

486. Mit dem Namen **Sandstein** bezeichnet man eine sedimentäre, geschichtete, in selteneren Fällen schieferige Gesteinsart, welche im wesentlichen aus sandförmigen Quarzkörnchen besteht, die durch ein Bindemittel, welches von mannigfaltiger Beschaffenheit sein kann, zu einem mehr oder minder festen Gestein verkittet sind. Die Größe der Quarzkörnchen schwankt zwischen 0,2 und 3 mm, und man unterscheidet hiernach feinkörnige, kleinkörnige, mittel- und grobkörnige Sandsteine. Neben den Quarzkörnchen treten zuweilen als untergeordnete Gemengteile auf: Feldspat, Glimmer, Glaukonit und Eisenkies¹⁾.

Dabei ist jedoch hervorzuheben, daß mit dem Worte „Bindemittel“ bisher in durchaus unzutreffender Weise alle jene Gemengteile bezeichnet worden sind, welche neben den körnigen und lamellaren Bestandmassen in den Sandsteinen auftreten. Selbst die in den Poren eingestreuten pulverförmigen Substanzen, wie Kaolin und Eisenocker wurden mit dem Namen Bindemittel belegt, und da man nach diesem die Sandsteine klassifiziert, so wurden jene Gesteine als Kaolinsandsteine, eisenockrige Sandsteine usw. benannt, obgleich jene Substanzen für die Bindung der körnigen Bestandteile völlig belanglos sind.

Sachgemäß ist es, solche Beimengungen als Nebenbestandteile oder als akzessorische zu bezeichnen, welche zwar mitunter die Farbe des Gesteins bedingen, im übrigen aber für die Qualitätsbeurteilung desselben nicht in Betracht kommen, weil sie weder die Festigkeit noch die Wetterbeständigkeit beeinflussen²⁾.

¹⁾ Die sonstigen, meist mikroskopischen Beimengungen von Granat, Turmalin, Zirkon, Staurolith, Rutil usw. sind für den Wetterbeständigkeitsgrad der Sandsteine ohne Bedeutung.

²⁾ Obgleich diese Verhältnisse seit langem klargestellt worden sind, wird hiergegen noch immer gefehlt. So heißt es z. B. in den Veröffentlichungen des

Als **Bindemittel** oder **Zement** ist lediglich derjenige Bestandteil des Sandsteins zu bezeichnen, welcher im wesentlichen die Bindung der körnigen Bestandmasse bewirkt und somit die Festigkeit des Gesteins bedingt.

487. Nun ist aber zu unterscheiden zwischen der Bindemittelsubstanz, welche die Zusammenlagerungsflächen der Körnchen miteinander verbindet, dem „Kontaktzement“, und derjenigen, welche die eckigen Hohlräume zwischen drei oder mehreren Körnern erfüllt, dem „Porenzement“. Ist das Bindemittel so reichlich vorhanden, daß es eine zusammenhängende Grundmasse bildet, in welcher die Körnchen einzeln oder in kleineren Gruppen eingelagert sind, so erhält es die Bezeichnung „Basalzement“.

Nicht als Bindemittel, sondern als „Porenfüllmittel“ werden diejenigen pulverförmigen oder zusammenhängenden, weichen Substanzen bezeichnet, welche in den Poren eingelagert sind, wie z. B. Kaolin, Eisenocker, weiche tonige Substanzen, welche also einen nennenswerten Einfluß auf die Festigkeit des Gesteins nicht auszuüben vermögen.

Handelt es sich um die Gesamtmasse derjenigen Bestandteile, welche im Sandstein neben dem körnigen Quarz vorhanden sind, so soll die Bezeichnung „Zwischenmasse“ angewendet werden. Die Notwendigkeit der Einführung einer derartigen allgemeinen Bezeichnung ergibt sich in allen den Fällen, in welchen, wie z. B. bei der chemischen Analyse, nicht zu entscheiden ist, inwieweit das erhaltene Resultat sich auf das wirkliche Bindemittel (Kontakt- bzw. Porenzement) oder auf das Porenfüllmittel bezieht.

488. Bei der Mehrzahl der **festeren** Sandsteine erkennt man an Dünnschliffen mittels des Mikroskops, daß die Quarzkörnchen durch eine Übrerrindung von reiner Quarzmasse miteinander verwachsen sind, während die etwa vorhandenen tonigen, kalkigen oder mergeligen Substanzen nur die eckigen Hohlräume ausfüllen, welche durch das Zusammenwachsen der Quarzkörner entstehen. Dabei kann die kieselige Übrerrindung so stark sein, daß die ursprünglich abgerundeten Körnchen wiederum

Materialprüfungsamtes zu Lichterfelde-Berlin von einem Sandstein von Barsinghausen, dessen Druckfestigkeit zu 951 kg pro qcm angegeben wird, daß das sehr spärliche Bindemittel, welches die Wandungen einzelner Hohlräume in Form eines dünnen Überzuges überkleidet, aus Kaolin besteht, der durch etwas Brauneisen gefärbt ist; von einem Sandstein von Plaine bei Champenay, dessen Druckfestigkeit 957 kg pro qcm ist, wird angeführt, sein Bindemittel bestehe aus einem dünnen Häutchen von Roteisenerz usw. (Mitt. a. d. Kgl. Materialprüfungsamt, Berlin 1910; Heft 4, S. 202 u. f.).

zu mehr oder weniger vollkommenen Kristallen ausgewachsen sind, welche Erscheinung für die Folge als „pleromorphe“ Ausbildung bezeichnet werden soll. Ist ein derartiges reichliches Kieselzement mit den Quarzkörnchen nicht zu einer kristallographisch einheitlichen Masse verwachsen, so kann man die Umhüllung von dem ursprünglichen Korn durch die verschiedene Interferenzfarbe, welche beide Teile im polarisierten Licht zeigen, deutlich unterscheiden. In vielen Fällen ist das kieselige Ergänzungszement äußerst gering und erscheint selbst unter dem Mikroskop nur wie eine dünne Haut. Dennoch aber genügt ein solcher Überzug, um die Körnchen an ihren Berührungsflächen ziemlich fest miteinander zu verbinden.

Tritt an Stelle dieses Kieselzements eine tonige, mergelige oder erdig-kalkige Bindemittelsubstanz auf, so kann eine dauerhafte Vereinigung der Quarzkörnchen dadurch bewirkt werden, daß die fraglichen Substanzen durch eine mehr oder weniger beträchtliche Silifizierung erhärtet sind. Nicht selten ist diese Kieselinfiltration zwischen den Zusammenlagerungsflächen der Quarzkörnchen beträchtlich größer als in der Ausfüllungsmasse der eckigen Hohlräume, ja, es können die Körnchen sehr fest miteinander verbunden sein, während die Poren von einer weichen oder pulverförmigen Substanz erfüllt oder auch ganz leer sind.

489. Da hiernach die Härte, Festigkeit und Wetterbeständigkeit der Sandsteine in erster Linie durch die Natur des Kontaktzements bedingt wird, so wird dasselbe auch die Grundlage für die Systematik dieser Gesteinsart bilden müssen.

Demgemäß unterscheiden wir:

1. **Kieselsandsteine.** Das Kontaktzement ist von rein kieseliger Beschaffenheit und entweder in so geringer Menge vorhanden, daß die Quarzkörnchen nur an ihren Berührungsflächen dadurch verbunden sind, oder so reichlich, daß die Quarzkörnchen dadurch zu einem mehr oder weniger kompakten Gestein verwachsen.

Als Porenzement kann in Kieselsandsteinen auftreten: Ton, Mergel, Eisenoxyd, klastischer Gesteinsstaub usw. in mehr oder weniger silifizierter Form; als Porenfüllmittel: Kaolin, Eisenocker oder weiche tonige Substanzen.

Die Gesteine dieser Gruppe gehören zu den besten Sandsteinen und der Grad ihrer Festigkeit und Widerstandsfähigkeit hängt wesentlich ab von der Reichhaltigkeit des Kieselzements und demgemäß von der Intensität ihrer Kornbindung.

2. **Tonsandstein.** Das Kontaktzement besteht aus einer tonigen Substanz, der häufig Eisenoxyd oder Eisenocker beigemischt ist. Durch Silifizierung kann das tonige Bindemittel einen beträchtlichen

Grad von Härte und Widerstandsfähigkeit erlangen. Auch die aus klastischem Gesteinsmehl bestehenden Bindemittel sind meistens, infolge Verwitterung des feldspatigen Bestandteils, von toniger Beschaffenheit, dabei aber in der Regel stark silifiziert.

Das Porenzement ist mitunter von derselben Beschaffenheit wie das Kontaktzement; häufiger aber zeigt es einen erheblich geringeren Silifizierungsgrad als dieses. Nicht selten sind die Tonsandsteine durch einen Gehalt an Glimmer ausgezeichnet, bei dessen Zunahme das Gestein dünn-schichtig und schiefrig wird.

Die Gesteine dieser Gruppe gehören bei starker Silifizierung des Bindemittels zu den mittleren Qualitätsklassen, bei unvollkommener Silifizierung aber zu den schlechten, leicht verwitterbaren Bausteinen.

3. **Mergelsandsteine.** Das Kontaktzement besteht aus einer tonig-kalkigen Substanz z. T. mit Beimengung von etwas Eisenocker. Im übrigen entspricht die Ausbildung derjenigen der Tonsandsteine, und auch die Wetterbeständigkeit hängt, wie bei diesen, von dem Silifizierungsgrade ab, der jedoch meist geringer als bei den reinen Tonsandsteinen ist.

4. **Kalksandstein.** Das Kontaktzement besteht vorherrschend aus kohlen-saurem Kalk von dichter oder kristallinischer Beschaffenheit, nicht selten mit einer Beimengung von Magnesium- und Eisenkarbonat. Auch kann das Kalkbindemittel mehr oder weniger reichlich staubförmigen Quarz oder bituminöse Substanzen enthalten. Ist das kalkige Bindemittel stark magnesiahaltig, so wird das Gestein als Dolomit-sandstein bezeichnet.

Das Porenzement pflegt meist von gleichartiger chemischer Beschaffenheit wie das Kontaktzement, mitunter aber erdig zu sein, während dieses eine kristallinische oder dichte Struktur zeigt.

Ist das kalkige Bindemittel scharf kristallinisch ausgebildet und in reichlicher Menge als Basalzement vorhanden; so erweisen sich solche Gesteine äußerst fest und wetterbeständig. Bei dichter Beschaffenheit des kalkigen Bindemittels bedarf es einer namhaften Silifizierung desselben, um das Gestein wetterfest zu machen.

5. **Glaukonit- oder Grünsandstein.** Das Kontaktzement ist entweder kalkig, mergelig oder tonig und enthält sehr viel Glaukonit in kleinen Körnchen, oder es besteht vorherrschend aus Glaukonit.

Meist ist das Bindemittel so reichlich vorhanden, daß es als Basalzement auftritt. In anderen Fällen ist das Porenzement in der Regel von gleicher Beschaffenheit wie das Kontaktzement.

Derartige Sandsteine erweisen sich vielfach als gute, feste Bausteine, vorausgesetzt, daß sie frostbeständig sind. Da der Glaukonit durch Verwitterung in Eisenhydroxyd übergeht, so zeigt das Gestein

häufig in der grünen Masse braune Flecken, oder es erscheint durchweg bräunlich gefärbt. Ist das Gestein trotz dieser Umwandlung von fester Beschaffenheit, so darf es im allgemeinen als gutes Baumaterial betrachtet werden.

6. **Limonitsandstein.** Das Kontaktzement besteht aus Brauneisen (Limonit), oft mit toniger oder kalkiger Beimengung, und von gleicher Beschaffenheit pflegt auch das Porenzement zu sein. In der Regel zeigt das Bindemittel einen beträchtlichen Silifizierungsgrad, und in diesem Falle sind die Limonitsandsteine als wetterfeste Materialien zu betrachten.

7. **Bituminöser Sandstein.** Das kalkige oder tonige Kontakt- und Porenzement enthält feinverteilte bituminöse, z. T. auch kohlige Substanzen. Ein Bitumengehalt im Kontaktzement macht die Sandsteine im allgemeinen wetterunbeständig. Dagegen erweist sich eine mäßige Einlagerung von kohligen Partikeln in Kieselsandsteinen, wie sie bei den sog. Kohlsandsteinen vorkommt, ohne erheblichen Einfluß auf die Wetterbeständigkeit des Materials.

8. **Glimmersandsteine.** Das meist tonige und schwach silifizierte Bindemittel, welches bei diesen Gesteinen in der Regel als Basalzement ausgebildet ist, enthält sehr reichlich Glimmer oder glimmerartige Bestandteile (Talk, Chlorit usw.), wodurch das Gestein mehr oder weniger schiefrig wird. Die meisten Gesteine dieser Art gehören zu den wetterunbeständigen Materialien.

Anmerkung: In seltenen Fällen finden sich auch Gips, Baryt oder Cölestin als Bindemittel.

Die Namen: Kaolinsandstein für Kieselsandsteine mit pulverförmigem Kaolin in den Poren, Glimmersandstein für Sandsteine mit eingelagerten Glimmerblättchen zwischen den körnigen Bestandteilen außerhalb des Bindemittels, Arkoseartiger Sandstein für Sandsteine mit reichlichen körnigen Beimengungen von zersetztem Feldspat, neben mehr oder weniger Glimmer, sollten aus der technischen Gesteins-Nomenklatur ausscheiden und ersetzt werden durch die Bezeichnungen: Kiesel-, Ton-, Mergelsandstein usw. mit akzessorischem Gehalt an Kaolin, Glimmer bezw. zersetztem Feldspat.

Kapitel 30.

Die Mikrostruktur der Sandsteine.

490. Zu einer sicheren Unterscheidung der verschiedenen Sandsteine nach der speziellen Natur ihres Bindemittels, wie nach ihren besonderen Strukturverhältnissen dient die mikroskopische Unter-

suchung von Dünnschliffen der fraglichen Gesteine, und da auch die Strukturausbildung aller anderen Gesteine nur auf diese Weise zuverlässig erkannt werden kann, so bildet die mikroskopische Bestimmung die allgemeine Grundlage der technischen Gesteinsprüfung¹⁾.

Um die mannigfachen Kornbindungstypen der Sandsteine in übersichtlicher Weise ausdrücken zu können, empfiehlt es sich, die einzelnen Strukturelemente mit Buchstaben zu bezeichnen.

Es bedeutet:

- K, Bindung der Quarzkörnchen durch ein rein kieseliges Zement;
- Kd, desgl. durch ein von den Quarzkörnchen substanziell verschiedenes „differentes“ Zement;
- Kb, desgl. durch Basalzement;
- p_0 , leere Texturporen; p_x , Texturporen mit einem Porenzement erfüllt, dessen Beschaffenheit durch den Index näher bezeichnet wird; [p], kompaktes Gestein ohne Texturporen;
- π_0 , leere Strukturporen; π_x , gefüllte Strukturporen;
- Bz, Bindungszahl, d. h. die Zahl der Quarzkörnchen, welche in der Ebene des Schliffes mit jedem einzelnen Korn verbunden erscheinen.

491. Wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, sind folgende Kornbindungstypen der Sandsteine zu unterscheiden:

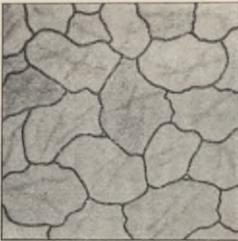


Fig. 144. K[p].

1. Kornbindung durch kristallographisch orientierten Quarz, ohne Texturporen, Fig. 144. Bezeichnung: K[p].

Die ursprünglich runden Quarzkörnchen sind so stark mit Quarzmasse überwachsen, daß sie lückenlos zusammenstoßen. Demgemäß zeigt der Gesteinschliff im polarisierten Licht eine homogene Färbung der einzelnen Körner bis an die Kontaktgrenze.

2. Kornbindung durch nicht orientierten, homogenen Quarz, ohne Texturporen, Fig. 145. Bezeichnung: $K\beta$ [p].

Der Gesteinsschliff zeigt im polarisierten Licht eine Umrandung der Körner bzw. eine Ausfüllung der Poren durch eine homogene kieselige Substanz von anderer Interferenzfarbe als die körnigen Bestandteile. Besteht das Zement aus amorpher Kieselsäure, so zeigt es keine Wirkung auf polarisiertes Licht.

¹⁾ Von harten Sandsteinen lassen sich Dünnschliffe nach der üblichen Methode ohne weiteres herstellen. Mürbe Sandsteine müssen jedoch vorher gehärtet werden, und es geschieht dies in der Weise, daß man kleine Stückchen in venetianischem Terpentin solange erwärmt, bis der letztere, nach Entfernung seiner flüchtigen Bestandteile, bei niedriger Temperatur zu einer glasartigen Masse erstarrt.

3. Kornbindung durch granulösen Quarz, ohne Texturporen, Fig. 146. Bezeichnung: $K\gamma[p]$.

Das Zement zeigt unter dem Mikroskop im polarisierten Licht eine feinkörnige Beschaffenheit.

Die kieselige, kontinuierliche und demnach porenfreie Kornbindung, Fig. 144 bis 146 liefert Sandsteine, welche zu den wetterbeständigsten Materialien gehören. Da der körnige Gemengteil, mit Ausnahme von etwa vorhandenem untergeordneten Feldspat, ebensowenig wie das Zement chemisch veränderbar ist, so übertreffen diese Kieselsandsteine selbst die kristallinen Silikatgesteine an Beständigkeit.

4. Kornbindung durch orientierte Quarz-
übrindung, mit leeren Texturporen. Fig. 147
und 148 zeigen diesen Typus bei verschiedener
Bindungszahl: $Bz = 5$ bzw. 4. Bezeichnung:
 $Kp_0 \cdot Bz 5$; 4.

Die Quarzkörner erscheinen im polarisierten Licht homogen gefärbt bis an die Kontaktgrenze, welche durch die abweichende Farbe der benachbarten Körner scharf hervortritt.

5. Kornbindung durch orientierte Quarz-
übrindung, mit leeren Textur- und Struktur-
poren. Fig. 149. Bindungszahl: 3. Bezeichnung:
 $Kp_0 \pi_0 \cdot Bz 3$.

Erscheinung im polarisierten Licht wie zu 4.

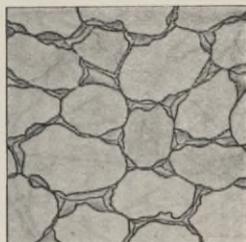
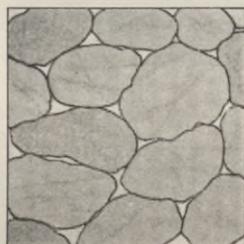
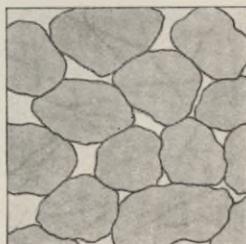
6. Kornbindung durch orientierte Quarz-
übrindung; Texturporen durch ein differentes
Porenzement gefüllt. Fig. 150. Bindungszahl: 5.
Bezeichnung: $Kp_x \cdot Bz 5$.

Erscheinung im polarisierten Licht wie zu 4.

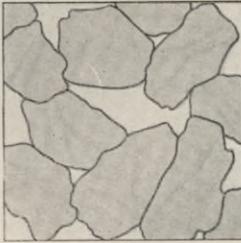
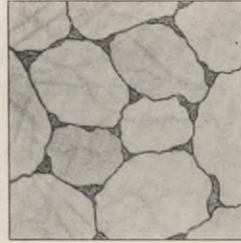
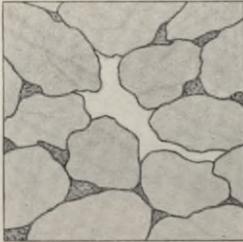
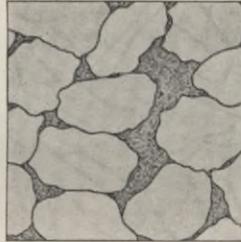
7. Kornbindung durch orientierte Quarz-
übrindung; Texturporen durch ein differentes
Zement gefüllt; Strukturporen leer. Fig. 151.
Bindungszahl: 4. Bezeichnung: $Kp_x \pi_0 \cdot Bz 4$.

Erscheinung im polarisierten Licht wie zu 4.

8. Kornbindung durch orientierte Quarz-
übrindung; Textur- und Strukturporen durch

Fig. 145. $K\beta[p]$.Fig. 146. $K\gamma[p]$.Fig. 147. $Kp_0 \cdot Bz 5$.Fig. 148. $Kp_0 \cdot Bz 4$.

ein differentes Zement erfüllt. Fig. 152. Bindungszahl: 3. Bezeichnung: $Kp_x \pi_x \cdot Bz 3$. — Erscheinung im polarisierten Licht wie zu 4.¹⁾

Fig. 149. $Kp_0 \pi_0 \cdot Bz 3$.Fig. 150. $Kp_x \cdot Bz 5$.Fig. 151. $Kp_x \pi_0 \cdot Bz 4$.Fig. 152. $Kp_x \pi_x \cdot Bz 3$.

¹⁾ Siehe Fig. 153. — Sind die Quarzkörnchen sehr klein und von rundlicher Form, dann wird um ihre Schlißfläche herum noch ein Teil der ursprünglichen Oberfläche als gewölbter Rand verbleiben, welcher im polarisierten Licht eine andere Interferenzfarbe zeigen muß als der planparallele Teil des planparallelen Korns (Fig. 154). Diese Erscheinung ist nicht zu verwechseln mit der zu 2. genannten Kornbindung (Fig. 145) durch nicht orientierte, homogene Quarzmasse.

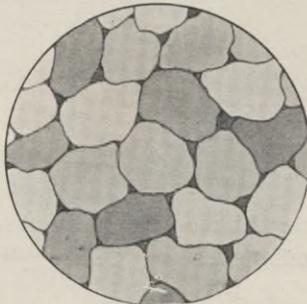


Fig. 153.

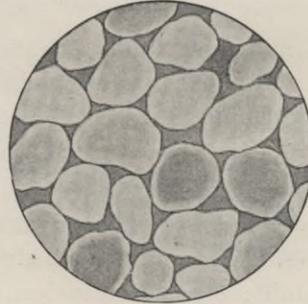


Fig. 154.

Auch letztere zeigt eine andere Interferenzfarbe wie das ursprüngliche Quarzkorn, aber beide Färbungen sind hier scharf gegeneinander abgegrenzt, während der gewölbte Rand des Korns einen bandförmigen Farbenwechsel, mit allmählichem Übergang in die Farbe des planparallelen Kornteils aufweist. Auch zeigt der gewölbte Rand gleichzeitige „Auslöschung“ mit dem übrigen Teil des Korns.

Die durch Quarzüberbindung bewirkte Kornbindung mit leeren Texturporen, Fig. 147 bis 149, liefert im allgemeinen vortrefflich wetterbeständige Gesteine. Die Festigkeit derselben, wie ihre Porosität hängt in gewissem Grade von der Kornbindungszahl ab. Sind die Poren durch ein differentes Zement erfüllt, Fig. 150 bis 152, so kann letzteres, wenn es stark silifiziert ist, die Festigkeit des Gesteins, namentlich bei geringer Kornbindungszahl, beträchtlich erhöhen. Weiche, stark wasseraufsaugende Porenzemente vermögen dagegen unter Umständen die Frostbeständigkeit des Gesteins zu beeinträchtigen.

9. Kornbindung durch ein von den Quarzkörnern substanziiell verschiedenes „differentes“ Kontaktzement, mit leeren Texturporen. Fig. 155. Bindungszahl: 6. Bezeichnung: $Kdp_0 \cdot Bz 6$.

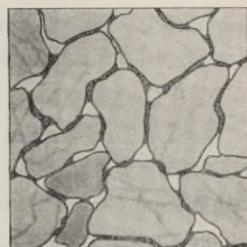
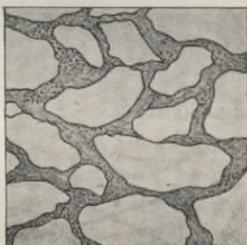
10. Kornbindung durch differentes Kontaktzement, mit gefüllten Texturporen. Fig. 156. Bindungszahl: 5. Bezeichnung: $Kdp_x \cdot Bz 5$.

Die Kornbindung durch differentes Kontaktzement bildet Sandsteine der verschiedensten Wetterbeständigkeitsgrade. Ist das Kontaktzement stark silifiziert und dadurch fest und widerstandsfähig geworden, so entstehen, je nach dem Grade der Silifizierung, ziemlich gute bis mittelmäßige Sandsteine. Fehlt jedoch dem Kontaktzement eine namhafte Kieseldurchtränkung, und ist es infolgedessen durch Wasser stark erweichbar, so entstehen durchaus wetterunbeständige Gesteine.

11. Kornbindung durch Basalzement. Fig. 157. Bezeichnung: Kb_x .

In der Regel bestehen die Basalzemente aus weichen, tonigen Substanzen, und wenn dies der Fall ist, gehören die Gesteine zu den unbeständigsten Baumaterialien. Selbst wenn das Zement eine beträchtliche Silifizierung zeigt, erweisen sich derartige Sandsteine höchstens als von mittlerer Qualität.

Es gibt aber auch Sandsteine, deren reichliches Basalzement aus kristallinischem Kalk von kompaktem Gefüge besteht (gewisse Jura-

Fig. 155. $Kdp_0 \cdot Bz 6$.Fig. 156. $Kdp_x \cdot Bz 5$.Fig. 157. Kb_x .

Sandsteine), und solche Gesteine können mit großer Festigkeit einen hohen Grad von Wetterbeständigkeit verbinden.

492. Eine meist sehr erhebliche Beeinträchtigung erleidet die Gleichmäßigkeit der Kornbindung durch die **Schichtung**. Letztere kann bei den Sandsteinen namentlich bewirkt werden:

- a) durch parallele Anordnung der Quarzkörner;
- b) durch reichliche Ausscheidung der Bindemittelsubstanz in parallelen Lagen;
- c) durch parallele Anordnung der Strukturporen;
- d) durch Abwechslung der Korngröße bzw. der Kornbindung in parallelen Lagen;
- e) durch schichtenweise Änderung in der Beschaffenheit des Zements;
- f) durch parallele Einlagerung akzessorischer Gemengteile.

Demnach lassen sich insbesondere folgende Schichtungstypen unterscheiden:

1. Die Quarzkörner zeigen eine parallelfächige, ununterbrochene Anordnung. Typ. *Sm I*, Fig. 158.

2. Kontinuierliche Kornlagen wechseln mit diskontinuierlichen ab, so daß zwischen den einzelnen Lagen Lücken, „Bindungsintervalle“, entstehen, deren Ausdehnung in der Schichtungsebene 1 bis 3 Korngrößen beträgt. Typ. *Sm II*, Fig. 159.



Fig. 158. Typ. *Sm I*.



Fig. 159. Typ. *Sm II*.

3. Wie *Sm II*, jedoch mit Bindungsintervallen in Größe von 4 und mehr Körnern. Typ. *Sm III*, Fig. 160.

4. Die kontinuierlichen Kornlagen sind durch eine zementartige Zwischenmasse (Ton, Mergel, Kalk usw.) voneinander getrennt. Typ. *Sm IV*, Fig. 161.

5. Die parallelen Kornlagen sind sämtlich diskontinuierlich ausgebildet; die dadurch entstehenden Bindungsintervalle betragen 1 bis 3 Korngrößen. Typ. *Sm V*, Fig. 162.

6. Wie *Sm V*, aber mit Bindungsintervallen in Größe von 4 und mehr Körnern. Typ. *Sm VI*, Fig. 163.

Fig. 160. Typ. *Sm III*.Fig. 161. Typ. *Sm IV*.

7. Diskontinuierliche, parallele Kornlagen, durch zementartige Zwischenmasse vollständig getrennt. Typ. *Sm VII*, Fig. 164.

Fig. 162. Typ. *Sm V*.Fig. 163. Typ. *Sm VI*.

8. Isolierte Körner oder kleine Korngruppen in einer zusammenhängenden Grundmasse (Basalzement) parallel eingelagert. Typ. *Sm VIII*, Fig. 165.

Fig. 164. Typ. *Sm VII*.Fig. 165. Typ. *Sm VIII*.

9. Parallel angeordnete, leere Strukturporen in einer unregelmäßig struierten Kornmasse. Typ. *Sm IX*, Fig. 166.

10. Parallel angeordnete, gefüllte Strukturporen in einer unregelmäßig struierten Kornmasse. Typ. *Sm X*, Fig. 167.

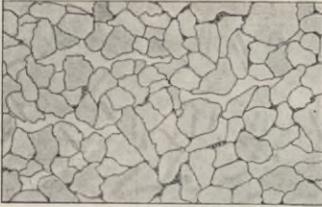


Fig. 166. Typ. *Sm IX*.



Fig. 167. Typ. *Sm X*.

11. Parallele, differente Zwischenlagen (tonige, mergelige, kalkige Substanzen) in größeren Abständen innerhalb einer unregelmäßig struierten Kornmasse. Typ. *Sm XI*, Fig. 168.

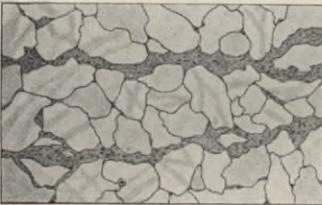


Fig. 168. Typ. *Sm XI*.

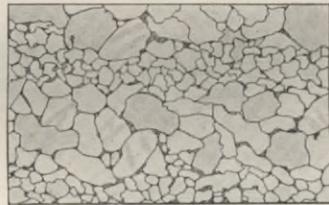


Fig. 169. Typ. *Sm XIIa*.

12. Unregelmäßig struierte, parallele Lagen von verschiedener Korngröße. Typ. *Sm XIIa*, Fig. 169.

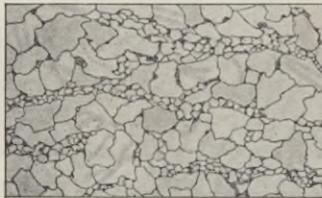


Fig. 170. Typ. *Sm XIIb*.



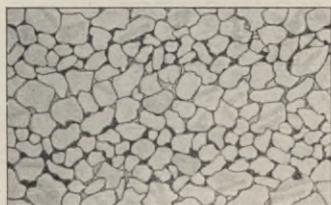
Fig. 171. Typ. *Sm XIII*.

13. Dünne, kleinkörnige Zwischenlagen in einer unregelmäßig struierten, größeren Kornmasse. Typ. *Sm XIIb*, Fig. 170.

14. Parallele Lagen mit abwechselnd verschiedener Kornbindung. Typ. *Sm XIII*, Fig. 171.

15. Parallele Lagen mit abwechselnd verschiedenem Porenzement. Typ. *Sm XIV*, Fig. 172.

16. Parallele Einlagerung akzessorischer Gemengteile (Glimmer, Glaukonit usw.) in einer unregelmäßig struierten Kornmasse. Typ. *Sm* XV, Fig. 173.

Fig. 172. Typ. *Sm* XIV.Fig. 173. Typ. *Sm* XV.

493. Jede dieser Schichtungstypen kann aber mit den in Abs. 491 aufgeführten verschiedenen Arten der Kornbindung kombiniert sein, und es ergibt sich hieraus eine außerordentliche Mannigfaltigkeit der Strukturentwicklung.

Eine besondere Bedeutung erlangt die Schichtung der Sandsteine für ihre Frostbeständigkeit in allen den Fällen, in welchen durch die Art der Parallelstruktur eine schichtenförmige Verteilung des aufgenommenen Wassers bedingt wird. Je ungleicher die Wasseraufsaugung in den einzelnen Schichten und je dünnerschichtiger das Gestein dabei ausgebildet ist, desto ungünstiger wirken diese Verhältnisse auf seine Frostbeständigkeit ein. Namentlich aber ist es der häufige Wechsel dünner toniger Zwischenlagen (Typ. III—VIII), wodurch am häufigsten ein Zerfrieren der Sandsteine bedingt wird.

Kapitel 31.

Chemische Zusammensetzung.

1. Sandstein-Analysen.

494. Für die nachstehenden Analysen ist teils frisches Bruchgestein, teils das Material älterer Bauwerke verwendet worden. In letzterem Falle wurde die Probe stets aus einer Tiefe der Werkstücke entnommen, in welcher die Verwitterung noch nicht eingegriffen hatte.

Ein dem Fundort beigegefügttes Zeichen gibt über die Herkunft der zur Analyse benutzten Probe Aufschluß (s. die Fußnote *).

Die Anordnung ist nach Qualitätsklassen der Wetterbeständigkeit und innerhalb derselben nach der geologischen Formation des Gesteinsvorkommens erfolgt.

Anmerkung. A.: Gesamtanalyse. — B.: Prozentuale Zusammensetzung der Zwischenmasse.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | Körniger Quarz | Gebundene SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O, Na ₂ O | CO ₂ | SO ₃ | P ₂ O ₅ | Glühverlust | Summe | In kochendem Wasser lösliche Bestandteile in Gew.-% d. Gesteins | Von kochender Sodalösung aufgenommene SiO ₂ |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------|--------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|---------------|------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Buntsandstein. Q.-Kl. I, I—II. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. | Mürlenbach, Rheinland *) | I | A. 92,34 B. 33,29 | 2,56 29,00 | 2,23 17,34 | 1,34 17,34 | 0,16 2,08 | — | 0,68 8,84 | — | — | — | 0,72 9,86 | 100,03 100,00 | — | — |
| 2. | Pfalzeler Wald bei Trier †) | I | A. 91,02 B. 35,80 | 3,19 31,99 | 2,85 7,74 | 0,69 7,74 | 0,29 3,26 | — | 1,15 12,91 | — | — | — | 0,74 8,30 | 99,93 100,00 | — | — |
| 3. | Wasserliesch, Rheinland *) | I | A. 87,42 B. 17,90 | 2,30 18,68 | 2,40 7,86 | 1,01 7,86 | 1,92 14,94 | 0,65 5,06 | 1,50 11,67 | 2,43 18,91 | — | — | 0,64 4,98 | 100,27 100,00 | Sp. | — |
| 7. | Sandershausen, Nassau †) | I—II | A. 85,59 B. 36,68 | 5,38 31,22 | 4,58 12,41 | 1,82 12,41 | 0,20 1,36 | 0,10 0,68 | 1,18 8,04 | — | 0,04 0,27 | — | 1,37 9,34 | 100,26 100,00 | 0,20 1,36 | — |
| 8. | Solling *) | I—II | A. 90,70 B. 28,63 | 2,84 31,75 | 3,15 14,72 | 1,46 14,72 | — | 0,21 2,12 | 1,51 15,22 | — | g. Sp. | — | 0,75 7,56 | 100,62 100,00 | 0,03 0,30 | — |
| Hilsformation. Q.-Kl. I, I—II. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 78. | Am Musenberg †) | I | A. 89,61 B. 38,32 | 3,90 30,25 | 3,08 8,05 | 0,82 8,05 | — | 0,30 2,95 | 0,94 9,23 | — | g. Sp. | — | 1,14 11,20 | 99,79 100,00 | 0,01 0,10 | — |
| 69. | Obernkirchen, Kr. Rinteln *) | I | A. 88,34 B. 41,69 | 4,74 39,93 | 4,54 1,58 | 0,18 1,58 | Sp. | — | 0,39 3,43 | — | gr. M. | — | 1,52 13,37 | 99,71 100,00 | 0,02 0,18 | — |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------|------|----------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|------|---------------|--------------|---------------|------------------|--------------|------|
| 70. | Bückeberge b. Obernkirchen *) | I | A. 90,47 B. 31,52 | 3,22 36,81 | 3,76 6,17 | 0,68 6,17 | Sp. | 0,34 3,33 | 0,94 9,20 | — | 0,004 0,04 | — | 1,32 12,92 | 100,684 99,99 | 0,07 0,69 | 0,37 |
| 71. | Bentheim *) | I | A. 96,90 B. 32,36 | 1,00 33,33 | 1,03 10,36 | 0,32 10,36 | 0,16 5,18 | — | 0,17 5,50 | — | — | — | 0,41 13,27 | 99,99 100,00 | 0,02 0,65 | 0,36 |
| 72. | Hannover ††) | I | A. 97,31 B. 56,77 | 1,51 10,53 | 0,28 12,78 | 0,34 12,78 | — | — | 0,27 10,15 | — | — | — | 0,26 9,77 | 99,97 100,00 | Sp. | — |
| 82. | Elze, Hannover *) | I—II | A. 94,82 B. 37,50 | 2,07 38,95 | 2,15 1,81 | 0,10 1,81 | 0,04 0,72 | 0,03 0,54 | 0,39 7,07 | — | — | — | 0,74 13,41 | 100,34 100,00 | 0,02 0,36 | — |
| Turon. Q.-Kl. I—II. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 98. | Ravensberg, Westfalen †) | I—II | A. 91,00 B. 25,82 | 2,37 24,40 | 2,24 29,19 | 2,68 29,19 | 0,10 1,09 | 0,23 2,50 | 0,41 4,47 | — | g. Sp. | — | 1,15 12,53 | 100,18 100,00 | 0,01 0,08 | — |
| Keuper. Q.-Kl. I, I—II. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 131. | Velpke, Braunschweig *) | I—II | A. 97,76 B. 34,51 | 0,78 24,78 | 0,56 13,28 | 0,30 13,28 | — | 0,15 6,64 | 0,23 10,17 | — | — | — | 0,24 10,62 | 100,02 100,00 | 0,01 0,44 | — |
| 133. | Bielefeld, Westfalen †) | I—II | A. 92,14 B. 24,40 | 1,92 20,59 | 1,62 24,14 | 1,90 24,14 | 0,16 2,03 | 0,23 2,92 | 0,69 8,77 | — | g. Sp. | — | 1,35 17,15 | 100,01 100,00 | 0,02 0,26 | — |
| Devon. Q.-Kl. I—II. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 152. | Wipperfürth, Rheinland ††) | I—II | A. 74,77 B. 17,34 | 4,39 27,01 | 6,84 19,86 | 5,03 19,86 | 2,31 9,12 | 1,47 5,81 | 1,44 13,55 | 3,43 | — | MnO g. M. | 0,41 1,62 | 100,09 100,00 | Sp. | — |

Abkürzungen: g. Sp. = geringe Spur; Sp. = Spur; g. M. = geringe Menge.

*) Frisches Bruchmaterial. †) Baumaterial von den am besten erhaltenen Stellen. ††) Baumaterial von den am meisten verwitterten Stellen. Die Gesteinsnummern entsprechen denen der tabellarischen Zusammenstellung der Prüfungsergebnisse in Teil XVIII.

Anmerkung. A.: Gesamtanalyse. — B.: Prozentuale Zusammensetzung der Zwischenmasse.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | Körniger Quarz | Gebundene SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O, Na ₂ O | CO ₂ | SO ₃ | P ₂ O ₅ | Glyhverlust | Summe | In kochendem Wasser lösl. Bestandteile in Gew.-% d. Gesteins | Von kochender Sodalanlöse aufgenommene SiO ₂ |
|-----------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|---------------|------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Karbon. Q.-Kl. I, I—II. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 155. | Borbecks-Kule, Rheinland *) | IA | A. 93,62 B. 34,95 | 2,45 32,67 | 2,29 4,56 | 0,32 4,42 | 0,31 4,42 | — | 0,89 12,70 | — | — | — | 0,75 10,70 | 100,63 100,00 | Sp. | — |
| 156. | Ibbenbüren, Westfalen ††) | I | A. 89,98 B. 41,08 | 4,17 37,83 | 3,84 1,98 | 0,20 1,18 | 0,12 1,18 | — | 1,02 10,05 | — | gr. M. | — | 0,80 7,88 | 100,13 100,00 | 0,05 0,50 | — |
| 157. | Dortmund, Westfalen ††) | I | A. 90,90 B. 35,01 | 3,22 36,19 | 3,33 4,78 | 0,44 3,15 | 0,29 3,15 | — | 0,97 10,54 | — | — | — | 0,95 10,33 | 100,10 100,00 | Sp. | — |
| 160. | Kirn, Rheinland ††) | I—II | A. 74,82 B. 25,60 | 6,49 22,92 | 5,81 7,61 | 1,93 14,48 | 3,67 6,00 | 1,52 4,22 | 1,07 12,66 | 3,21 | — | — | 1,65 6,51 | 100,17 100,00 | Sp. | — |
| 161. | Bevergern, Westfalen ††) | I—II, II | A. 92,55 B. 34,62 | 2,60 33,02 | 2,48 11,98 | 0,90 — | — | 0,10 1,33 | 0,54 7,19 | — | — | — | 0,89 11,86 | 100,06 100,00 | 0,01 0,13 | — |
| Buntsandstein. Q.-Kl. II, II—III. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. | Solling ††) | II | A. 92,02 B. 28,33 | 2,38 32,14 | 2,70 19,88 | 1,67 — | — | 0,07 0,83 | 0,78 9,29 | — | g. Sp. | — | 0,80 9,52 | 100,42 99,99 | 0,19 2,26 | — |
| 10. | Langendorf, Hesse-Nassau ††) | II | A. 94,09 B. 36,83 | 2,21 28,50 | 1,71 12,17 | 0,73 — | 0,10 1,67 | — | 0,74 12,33 | — | — | — | 0,51 8,50 | 100,09 100,00 | — | — |
| 14. | Solling *) | II | A. 79,54 B. 33,70 | 7,03 31,93 | 6,66 11,17 | 2,33 — | 0,17 0,81 | 0,16 0,77 | 3,01 14,43 | — | g. M. | g. Sp. | 1,50 7,20 | 100,40 100,01 | 0,04 0,10 | 0,09 — |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---|--------|---|---------------|------------------|--------------|-----------|
| 16. | Rimbach b. Heiligenstadt *) | II—III | A. 88,82 B. 36,16 | 4,18 28,55 | 3,30 14,62 | 1,69 0,09 | 0,01 — | — | 1,34 11,60 | — | g. M. | — | 1,04 9,00 | 100,38 100,02 | 0,05 0,43 | 0,18 — |
| 17. | Balhorn, Hesse-Nassau *) | II—III | A. 89,62 B. 34,15 | 3,65 29,56 | 3,16 12,35 | 1,32 — | Sp. Sp. | 0,34 3,18 | 1,04 9,73 | — | g. Sp. | — | 1,18 11,04 | 100,31 100,01 | 0,02 0,19 | 0,55 — |
| 18. | Gelnhausen, Hesse-Nassau *) | II—III | A. 91,51 B. 37,88 | 3,14 33,17 | 2,75 6,03 | 0,50 — | g. Sp. — | 0,13 1,57 | 1,01 12,18 | — | — | — | 0,76 9,17 | 99,80 100,00 | 0,01 0,12 | 0,21 — |
| 20. | Polle a. d. Weser *) | II—III | A. 88,66 B. 32,62 | 3,52 27,16 | 2,93 21,50 | 2,32 5,19 | 0,56 — | — | 0,56 5,19 | — | — | — | 0,90 8,34 | 99,45 100,00 | Sp. | — |
| 22. | Heiligenstadt, Sachsen *) | II—III, III | A. 91,71 B. 34,01 | 2,84 29,94 | 2,50 11,26 | 0,94 — | 0,05 0,60 | 0,19 2,27 | 1,00 11,98 | — | g. Sp. | — | 0,83 9,94 | 100,06 100,00 | Sp. | 0,45 — |
| 25. | Rochlitz, Sachsen ††) | II, III | A. 92,48 B. 37,47 | 2,75 29,15 | 2,14 4,50 | 0,33 5,45 | 0,40 1,77 | 0,13 8,17 | 0,60 8,17 | — | g. Sp. | — | 0,99 13,49 | 99,82 100,00 | 0,05 0,68 | 0,18 — |
| 26. | Neukirch, Schlesien *) | II—III, IV | A. 86,99 B. 38,03 | 5,05 34,94 | 4,64 6,70 | 0,89 — | 0,11 0,83 | 0,21 1,58 | 0,78 5,87 | — | g. M. | — | 1,60 12,05 | 100,27 100,00 | 0,03 0,22 | — |
| Hilsformation. Q.-Kl. II, II—III. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 74. | Goslar *) | II | A. 95,06 B. 42,67 | 2,01 16,78 | 0,79 18,68 | 0,88 — | 0,12 2,54 | — | 0,51 10,84 | — | — | — | 0,40 8,49 | 99,77 100,00 | Sp. | — |
| 85. | Bevergern, obere Lage *) | II—III, III | A. 95,73 B. 45,24 | 1,76 22,37 | 0,87 11,06 | 0,43 — | 0,09 2,31 | — | 0,37 9,51 | — | — | — | 0,37 9,51 | 99,62 100,00 | Sp. | — |
| 87. | Bevergern, untere Lage *) | A. 95,31 B. 36,00 | 1,62 29,78 | 1,34 17,56 | 0,79 — | 0,06 1,33 | — | 0,24 5,33 | — | — | — | — | 0,45 — | 99,81 — | Sp. | — |
| 87. | Hörstel *) | II—III, III | A. 89,01 B. 37,45 | 4,00 39,98 | 4,27 4,03 | 0,43 — | 0,06 0,56 | — | 0,72 6,74 | — | — | — | 1,20 11,24 | 99,69 100,00 | 0,01 0,09 | 0,44 — |
| 75. | Lüstringen *) | II—III, III | A. 70,65 B. 33,69 | 9,98 28,12 | 8,33 11,95 | 3,54 — | 0,53 1,79 | 1,52 5,13 | 2,80 9,54 | — | g. M. | — | 2,92 9,87 | 100,27 100,00 | 0,02 0,09 | — |

Anmerkung. A.: Gesamtanalyse. — B.: Prozentuale Zusammensetzung der Zwischenmasse.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | Körniger Quarz | Gebundene SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O, Na ₂ O | CO ₂ | SO ₃ | P ₂ O ₅ | Glyhverlust | Summe | In kochendem Wasser Gew.-% d. Gesteins | Von kochender Sodaaug aufgenommene SiO ₂ |
|-----------------------------|------------------------------------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------|--------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Cenoman. Q.-Kl. II, II—III. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 92. | Roter Berg b. Glatz †) | II—III | A. 90,89 | 3,42 | 1,95 | 0,33 | 0,23 | 0,13 | 0,99 | 0,05 | g. M. | g. M. | 1,45 | 99,44 | 0,87 | 0,37 |
| | | | B. | 40,00 | 22,81 | 3,86 | 2,69 | 1,52 | 11,58 | 0,59 | — | — | 16,96 | 100,01 | 10,18 | — |
| 95. | Hockenauner Brüche, zwischen Bunzlau u. Löwenberg *) | II—III | A. 93,47 | 2,30 | 2,57 | 0,12 | 0,08 | 0,03 | 0,49 | Sp | Sp. | — | 0,94 | 100,00 | 0,02 | 0,53 |
| | | | B. | 35,22 | 39,36 | 1,84 | 1,22 | 0,46 | 7,50 | — | — | — | 14,40 | 100,00 | 0,28 | — |
| Turon. Q.-Kl. II, II—III. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100. | Postelwitz, Königr. Sachsen ††) | II | A. 97,65 | 0,99 | 0,45 | 0,08 | 0,14 | 0,29 | 0,29 | — | — | — | 0,28 | 99,88 | Sp. | — |
| | | | B. | 44,39 | 20,18 | 3,49 | 6,28 | 13,00 | — | — | — | — | 12,66 | 100,00 | — | — |
| 101. | Soest, Westfalen *) | II | A. 35,25 | 9,48 | 9,56 | 6,23 | 19,27 | 0,50 | 2,88 | 13,51 | g. M. | — | 2,44 | 99,12 | 0,06 | — |
| | | | B. | 14,84 | 14,97 | 9,75 | 30,17 | 0,78 | 4,51 | 21,16 | — | — | 3,82 | 100,00 | 0,09 | — |
| 102. | Werl, Westfalen *) | II—III | A. 27,18 | 11,85 | 6,12 | 4,53 | 25,48 | 0,80 | 2,81 | 14,11 | g. M. | g. M. | 6,37 | 99,25 | 0,06 | — |
| | | | B. | 16,44 | 8,49 | 6,29 | 35,36 | 1,11 | 3,89 | 19,58 | — | — | 8,84 | 100,00 | 0,08 | — |
| Senon. Q.-Kl. II, II—III. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 104. | Riesenbeck, Westfalen ††) | II | A. 96,17 | 1,37 | 1,38 | 0,20 | 0,25 | 0,22 | 0,22 | — | — | — | 0,34 | 99,93 | Sp. | — |
| | | | B. | 36,44 | 36,71 | 5,32 | 6,64 | 5,85 | — | — | — | — | 9,04 | 100,00 | — | — |
| 105. | Havixbeck, Westfalen *) | II | A. 33,20 | 3,90 | 2,09 | 1,39 | 30,29 | 2,15 | 0,87 | 25,15 | g. M. | — | 1,40 | 100,44 | 0,05 | — |
| | | | B. | 5,80 | 3,11 | 2,07 | 45,05 | 3,20 | 1,29 | 37,40 | — | — | 2,08 | 100,00 | 0,07 | — |

Dyas. Q.-Kl. II—III.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------------|--------|----------|-------|-------|------|------|-----|-------|------|-------|---|------|--------|------|---|
| 121. | Alvensleben *) | II—III | A. 85,91 | 4,81 | 3,62 | 1,10 | 1,40 | Sp. | 1,53 | 1,02 | g. M. | — | 0,69 | 100,08 | 0,02 | — |
| | | | B. | 33,95 | 25,55 | 7,76 | 9,88 | — | 10,80 | 7,19 | — | — | 4,87 | 100,00 | 0,14 | — |

Keuper. Q.-Kl. II, II—III.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------------------|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|---|-------|--------|------|---|
| 134. | Altenburg b. Tübingen ††) | II | A. 82,87 | 3,51 | 4,02 | 0,24 | 2,41 | 1,10 | 2,00 | 3,34 | — | — | 1,12 | 100,61 | Sp. | — |
| | | | B. | 19,79 | 22,66 | 1,35 | 13,59 | 6,20 | 11,27 | 18,83 | — | — | 6,31 | 100,00 | — | — |
| 135. | Kleift, Hannover *) | II, II—III | A. 83,94 | 5,89 | 4,56 | 2,52 | 0,23 | 0,43 | 1,53 | — | g. M. | — | 1,80 | 100,90 | 0,04 | — |
| | | | B. | 34,73 | 26,89 | 14,86 | 1,36 | 2,53 | 9,02 | — | — | — | 10,61 | 100,00 | 0,24 | — |
| 136. | Seeberge b. Gotha *) | II—III | A. 92,10 | 2,77 | 2,90 | 0,72 | — | 0,38 | 0,40 | — | — | — | 1,35 | 100,62 | 0,01 | — |
| | | | B. | 32,51 | 34,04 | 8,45 | — | 4,46 | 4,69 | — | — | — | 15,85 | 100,00 | 0,12 | — |
| 137. | Seehausen b. Magdeburg *) | II—III, III | A. 94,75 | 2,00 | 2,10 | 0,19 | 0,06 | 0,24 | 0,24 | — | g. M. | — | 0,70 | 100,01 | 0,03 | — |
| | | | B. | 37,81 | 39,70 | 3,59 | 1,13 | 4,54 | — | — | — | — | 13,23 | 100,00 | 0,56 | — |

Lettenkohlsandstein. Q.-Kl. II, II—III.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------------------------|----|----------|-------|-------|-------|------|-------|------|---|---|---|------|--------|-----|---|
| 142. | Renfrizhausen, Württemberg †) | II | A. 78,93 | 6,98 | 5,85 | 2,99 | 0,58 | 2,77 | 2,77 | — | — | — | 1,72 | 99,82 | Sp. | — |
| | | | B. | 33,41 | 28,01 | 14,31 | 2,78 | 13,26 | — | — | — | — | 8,23 | 100,00 | — | — |

Brauner Jura. Q.-Kl. II, II—III.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------------------|----|----------|-------|-------|-------|------|-----|------|---|-------|---|-------|--------|------|---|
| 150. | Gehrnberg b. Ueffeln *) | II | A. 93,36 | 1,62 | 1,76 | 2,14 | 0,14 | Sp. | 0,61 | — | g. M. | — | 0,81 | 100,44 | 0,03 | — |
| | | | B. | 22,88 | 24,85 | 30,23 | 1,98 | — | 8,62 | — | — | — | 11,44 | 100,00 | 0,40 | — |

Devon. Q.-Kl. II, II—III.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------------------------------|--------|----------|-------|-------|------|------|------|------|---|---|---|------|--------|-----|---|
| 153. | Boussier b. Chôdes, Rheinland *) | II—III | A. 74,34 | 11,23 | 11,32 | 0,80 | 0,30 | 0,90 | 0,90 | — | — | — | 1,50 | 100,39 | Sp. | — |
| | | | B. | 43,11 | 43,45 | 3,07 | 1,15 | 3,46 | — | — | — | — | 5,76 | 100,00 | — | — |

Anmerkung. A.: Gesamtanalyse. — B.: Prozentuale Zusammensetzung der Zwischenmasse.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | Körniger Quarz | Gebundene SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O, Na ₂ O | CO ₂ | SO ₃ | P ₂ O ₅ | Glühverlust | Summe | In kochendem Wasser lösl. Bestandteile in Gew.-% d. Gesteins | Von Kochender Sodalösung aufgenommene SiO ₂ | |
|--------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------|--------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------|
| Buntsandstein. Q.-Kl. III, III—IV. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29. | Seidenroth b. Schlüch- ten, Nassau *) | III | A. 97,15 | 1,13 | 0,51 | 0,20 | — | 0,31 | 0,40 | — | g. Sp. | — | 0,34 | 100,04 | 0,05 | 0,33 | |
| | | | B. 39,10 | 17,65 | 6,92 | — | 10,73 | 13,84 | — | — | — | — | — | — | 11,76 | 100,00 | 1,73 |
| 33. | Obermaintal (Bayern) *) | III | A. 80,05 | 7,37 | 5,87 | 2,10 | 0,20 | 0,68 | 3,28 | — | g. M. | g. Sp. | 1,30 | 100,85 | 0,08 | — | |
| | | | B. 35,43 | 28,22 | 10,11 | 0,96 | 3,27 | 15,77 | — | — | — | — | — | — | 6,25 | 100,00 | 0,40 |
| 34. | Aschersleben, Sachsen ††) | III | A. 87,30 | 4,56 | 4,20 | 0,11 | 0,29 | 0,88 | — | — | g. M. | g. Sp. | 2,29 | 99,63 | 0,05 | — | |
| | | | B. 36,89 | 34,06 | 0,89 | 2,35 | 7,14 | — | — | — | — | — | — | — | 18,58 | 100,00 | 0,40 |
| 38. | Werratal, Sachsen *) | III—IV | A. 96,36 | 1,06 | 0,47 | Sp. | 0,60 | 0,55 | — | — | g. M. | — | 0,35 | 99,39 | 0,02 | 0,32 | |
| | | | B. 34,98 | 15,51 | — | — | 19,81 | 18,15 | — | — | — | — | — | — | 11,55 | 100,00 | 0,66 |
| 49. | Helmetal bei Nord- hausen *) | III—IV | A. 81,73 | 3,69 | 4,45 | 2,63 | 1,49 | 0,68 | 2,61 | 1,59 | g. M. | g. M. | — | 1,55 | 100,42 | 0,04 | 0,65 |
| | | | B. 19,74 | 23,81 | 14,07 | 7,97 | 3,64 | 13,96 | 8,51 | — | — | — | — | — | 8,29 | 99,99 | 0,21 |
| Kreide (untere). Q.-Kl. III, III—IV. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 76. | Schloßruine Franken- stein †) | III | A. 89,14 | 4,15 | 2,87 | 1,48 | Sp. | 0,12 | 1,00 | — | g. M. | — | 1,11 | 99,87 | 0,04 | 0,51 | |
| | | | B. 38,68 | 26,75 | 13,79 | — | 1,12 | 9,32 | — | — | — | — | — | — | 10,35 | 100,01 | 0,37 |
| 77. | Altenhagen, Han- nover *) | III | A. 97,59 | 1,03 | 0,85 | 0,03 | — | 0,13 | 0,14 | — | g. M. | — | 0,30 | 100,07 | 0,01 | — | |
| | | | B. 41,53 | 34,27 | 1,21 | — | 5,24 | 5,65 | — | — | — | — | — | — | 12,10 | 100,00 | 0,40 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|------|--------|-------|--------|
| Senon. Q.-Kl. III, III—IV. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 109. | Nottuln, Westfalen *) | III | A. 20,68 | 2,99 | 1,26 | 0,87 | 40,20 | 0,55 | 1,12 | 31,22 | — | — | 1,21 | 100,00 | Sp. | — |
| | | | B. 3,77 | 1,58 | 1,11 | 50,68 | 0,69 | 1,41 | 39,23 | — | — | — | — | — | 1,53 | 100,00 |
| 112. | Raumberge, West- falen *) | III | A. 38,38 | 2,93 | 1,67 | 1,18 | 28,82 | 1,24 | 0,70 | 23,55 | g. M. | g. Sp. | 0,85 | 99,32 | 0,06 | — |
| | | | B. 4,81 | 2,74 | 1,94 | 47,29 | 2,04 | 1,15 | 38,64 | — | — | — | — | — | 1,39 | 100,00 |
| Dyas. Q.-Kl. III, III—IV. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 122. | Bretzenheim, Rhein- land ††) | III—IV | A. 78,64 | 7,44 | 5,52 | 1,87 | 0,93 | 1,90 | 1,53 | — | g. M. | — | 2,84 | 100,67 | 0,08 | — |
| | | | B. 33,77 | 25,06 | 8,49 | 4,21 | 8,63 | 6,95 | — | — | — | — | — | — | 12,89 | 100,00 |
| Keuper. Q.-Kl. III, III—IV. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140. | Sandebek *) | III | A. 97,65 | 1,03 | 0,80 | 0,06 | — | — | 0,18 | — | — | — | 0,25 | 99,97 | 0,02 | — |
| | | | B. 44,40 | 34,48 | 2,59 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 10,77 | 100,00 |
| Lias. Q.-Kl. III, III—IV. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 148. | Echternach u. Rollen- dorf ††) | III | A. 91,18 | 0,95 | 0,56 | 0,23 | 2,12 | 1,56 | 0,22 | 3,39 | — | — | 0,44 | 100,65 | Spur | — |
| | | | B. 10,03 | 5,91 | 2,43 | 22,39 | 16,47 | 2,32 | 35,80 | — | — | — | — | — | 4,65 | 100,00 |
| Karbon. Q.-Kl. III, III—IV. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 163. | Staudernheim, Rhein- land *) | III | A. 80,72 | 6,10 | 5,73 | 2,42 | 1,06 | 0,73 | 1,31 | 1,63 | — | — | 0,97 | 100,67 | Sp. | — |
| | | | B. 32,02 | 28,72 | 12,13 | 5,31 | 3,65 | 6,57 | 8,17 | — | — | — | — | — | 4,86 | 100,00 |
| Tertiär. Q.-Kl. III, III—IV. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 173. | Herzogenrath, Rhein- land *) | III | A. 98,73 | 0,74 | 0,20 | 0,11 | 0,12 | 0,15 | — | — | — | — | 0,29 | 100,34 | Sp. | — |
| | | | B. 45,96 | 12,42 | 6,83 | 7,45 | 9,32 | — | — | — | — | — | — | — | 18,02 | 100,00 |
| Senon. Q.-Kl. IV, IV—V. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 117. | Warthau, Schlesien ††) | IV—VI | A. 94,67 | 1,72 | 1,31 | 0,27 | 0,54 | Sp. | 0,28 | 0,18 | g. M. | — | 1,00 | 99,97 | 0,04 | — |
| | | | B. 32,45 | 24,72 | 5,09 | 10,19 | — | 5,28 | 3,40 | — | — | — | — | — | 18,87 | 100,00 |
| 116. | Warthau, Schlesien *) | IV—VI | A. 91,46 | 3,59 | 3,28 | 0,07 | Sp. | 0,17 | — | — | — | — | 1,27 | 99,84 | Sp. | — |
| | | | B. 42,84 | 39,14 | 0,83 | — | 2,04 | — | — | — | — | — | — | — | 15,15 | 100,00 |

Anmerkung. A.: Gesamtanalyse. — B.: Prozentuale Zusammensetzung der Zwischenmasse.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | Körniger Quarz | Gebundene SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O, Na ₂ O | CO ₂ | SO ₃ | P ₂ O ₅ | Glühverlust | Summe | In kochendem Wasser lösl. Bestandteile in Gew.-% d. Gesteins | Von kochender Sodalösung aufgenommene SiO ₂ |
|----------------|---------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------|--------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------|------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 123. | Neurode *) | IV—V | A. 91,72 B. | 2,99 35,30 | 2,41 28,45 | 1,31 15,47 | 0,28 3,31 | 0,84 9,91 | — | — | — | — | 0,64 7,56 | 100,19 100,00 | 0,01 0,12 | — |
| 126. | Rothenburg a. d. Saale †) | IV—V | A. 73,01 B. | 6,50 23,61 | 7,33 26,62 | 1,41 5,12 | 4,94 17,94 | 0,27 0,98 | 1,30 4,72 | 3,92 14,25 | — | — | 1,86 6,76 | 100,54 100,00 | Sp. | — |
| 127. | Rothenburg a. d. Saale †) | IV—V | A. 76,51 B. | 5,84 24,99 | 5,83 24,95 | 1,52 6,50 | 2,59 11,08 | 1,40 5,99 | 0,98 4,19 | 3,58 15,32 | — | — | 1,63 6,98 | 99,88 100,00 | Sp. | — |

Dyas. Q.-Kl. IV, IV—V.

Brauner Jura. Q.-Kl. IV, IV—V.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------------------|----|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---|---|---|---|---------------|------------------|--------------|---|
| 151. | Porta Westphalica *) | IV | A. 87,74 B. | 2,17 17,03 | 2,46 19,31 | 5,63 44,19 | 0,45 3,53 | 0,34 2,67 | — | — | — | — | 1,69 13,27 | 100,48 100,00 | 0,05 0,40 | — |
|------|----------------------|----|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---|---|---|---|---------------|------------------|--------------|---|

Devon. Q.-Kl. IV, IV—V.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------------------|-------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---|---|---|---|---------------|------------------|-----|---|
| 154. | Haan, Rheinland †) | IV, V | A. 77,76 B. | 5,19 22,33 | 8,78 37,78 | 4,05 17,43 | 0,92 3,96 | 1,54 6,63 | — | — | — | — | 2,76 11,87 | 101,00 100,00 | Sp. | — |
|------|--------------------|-------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---|---|---|---|---------------|------------------|-----|---|

Buntsandstein. Q.-Kl. V, VI, VII.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------------------------|-----|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---|---------------|-------------------|--------------|------|
| 43. | Wanzleben, Sachsen †) | V | A. 75,12 B. | 2,56 10,29 | 2,49 10,01 | 0,65 2,61 | 6,56 26,37 | 3,30 13,26 | 0,55 2,21 | 8,77 35,25 | — | — | — | 100,00 100,00 | — | — |
| 55. | Neudietendorf, Prov. Sachsen †) | V | A. 96,58 B. | 0,44 12,05 | 0,60 16,44 | 0,17 4,66 | 0,35 9,59 | 0,46 12,60 | 0,82 22,47 | 0,39 10,68 | Sp. | — | 0,42 11,51 | 100,23 100,00 | Sp. | 0,42 |
| 54. | Kreiensen ††) | V | A. 97,02 B. | 1,49 44,88 | 0,40 12,05 | 0,43 12,95 | Sp. — | 0,34 10,24 | 0,37 11,14 | — | g. Sp. | — | 0,29 8,74 | 100,34 100,00 | 0,04 1,21 | 0,22 |
| 175. | Hilders, Kr. Gersfeld *) | V | B. | 36,57 | 31,26 | 9,08 | 1,30 | 1,43 | 12,97 | — | g. Sp. | — | 7,39 | 100,00 | — | — |
| 174. | Hillesheim (Eifel) ††) | VI | B. | 33,87 | 30,20 | 12,52 | 1,06 | 3,11 | 11,81 | — | — | — | 7,43 | 100,00 | — | — |
| 58. | Nebra a. d. Unstrut †) | VI | A. 94,75 B. | 1,72 32,52 | 1,35 25,53 | 0,23 4,35 | 0,50 9,45 | 0,18 3,40 | 0,55 10,40 | — | g. Sp. | — | 0,76 14,37 | 100,04 100,02 | 0,13 2,16 | 0,09 |
| 67. | Nebra a. d. Unstrut *) | VI | A. 95,75 B. | 1,61 34,42 | 1,52 32,49 | 0,24 5,13 | 0,13 2,78 | 0,09 1,92 | 0,57 12,19 | — | 0,008 0,17 | — | 0,51 10,90 | 100,428 100,00 | — | — |
| 44. | Bernterode, Prov. Sachsen *) | VI | A. 96,99 B. | 1,07 31,20 | 0,90 26,24 | 0,28 8,16 | 0,09 2,62 | 0,12 3,50 | 0,65 18,95 | — | g. M. | — | 0,32 9,33 | 100,42 100,00 | 0,04 1,17 | 0,68 |
| 61. | Merseburg, Sachsen, Eisenb.-Durchl. ††) | VI | A. 91,62 B. | 2,97 36,53 | 2,95 36,29 | 0,10 1,23 | 0,37 4,55 | 0,20 2,46 | 0,23 2,83 | 0,14 1,72 | g. M. | — | 1,17 14,39 | 99,75 100,00 | 0,08 0,98 | 0,04 |
| 62. | Stadoldendorf (Braunschweig) *) | VI | A. 69,89 B. | 11,26 36,75 | 9,01 29,41 | 3,72 12,14 | 0,10 0,33 | 0,67 2,19 | 4,26 13,90 | — | g. M. | — | 1,62 5,29 | 100,53 100,01 | 0,08 0,26 | 0,17 |
| 68. | An der Bahn zwischen Heddesheim und Windesheim *) | VII | A. 56,94 B. | 14,76 33,70 | 12,64 28,86 | 4,25 9,70 | 2,34 5,34 | 0,26 1,05 | 4,84 11,05 | 1,82 4,16 | Sp. | — | 2,89 6,60 | 100,74 100,00 | Sp. | 0,13 |

Abkürzungen: g. Sp. = geringe Spur; Sp. = Spur; g. M. = geringe Menge.

*) Frisches Bruchmaterial. †) Baumaterial von den am besten erhaltenen Stellen. ††) Baumaterial von den am meisten verwitterten Stellen.

Anmerkung. A.: Gesamtanalyse. — B.: Prozentuale Zusammensetzung der Zwischenmasse.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | Körniger Quarz | Gebundene SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O, Na ₂ O | CO ₂ | SO ₃ | P ₂ O ₅ | Glühverlust | Summe | In kochendem Wasser lösl. Bestandteile in Gew.-% d. Gesteins | Von kochender Sodälösung aufgenommene SiO ₂ |
|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|---------------|------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Kreideform (untere). Q.-Kl. V, VI, VII. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 79. | Lutter am Barenberge †) | VI | A. 93,95 B. 38,27 | 2,35 15,96 | 0,98 19,87 | 1,22 11,57 | — | 0,31 5,05 | 0,71 11,57 | — | g. Sp. | — | 0,57 9,28 | 100,09 100,00 | 0,01 0,16 | — |
| 89. | Auf der Klus bei Nenndorf *) | VI | A. 87,57 B. 30,97 | 3,72 30,64 | 3,68 2,66 | 0,32 6,50 | 0,78 6,50 | Sp. | 0,45 3,75 | 0,06 0,50 | 0,80 6,66 | g. M. | 2,20 18,32 | 99,58 100,00 | 1,65 13,74 | — |
| 80. | Lutter am Barenberge ††) | VI | A. 95,19 B. 39,39 | 1,95 18,38 | 0,91 15,56 | 0,77 4,65 | 0,23 4,65 | 0,11 2,22 | 0,51 10,30 | g. Sp. | — | — | 0,47 9,50 | 100,14 100,00 | Sp. | — |
| 81. | Lutter am Barenberge ††) | VII | A. 95,87 B. 37,97 | 1,61 18,16 | 0,77 22,17 | 0,94 — | — | 0,20 4,72 | 0,29 6,84 | — | — | — | 0,43 10,14 | 100,11 100,00 | Sp. | — |
| Cenoman. Q.-Kl. V, VI, VII. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 96. | Grüssau, Schlesien ††) | V—VI | A. 79,35 B. 42,60 | 8,90 38,39 | 8,02 0,67 | 0,14 — | — | — | 0,57 2,73 | — | g. M. | g. Sp. | 3,26 15,61 | 100,24 100,00 | 0,03 0,14 | 0,00 |
| Senon. Q.-Kl. V, VI, VII. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115. | Hohkirch, Schlesien ††) | VI | A. 92,46 B. 36,67 | 2,89 43,53 | 3,43 1,52 | 0,12 1,52 | — | 0,15 1,90 | 0,23 2,92 | — | g. Sp. | Cl | 1,06 13,45 | 100,34 99,99 | 0,02 0,25 | 0,37 |

Dyas. Q.-Kl. V, VI, VII.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------------------------------|------|----------------------|---------------|---------------|-----------|-----|---|---------------|---|---|---|--------------|-----------------|-----|---|
| 129. | Norheim, Hochstetten (Rheinland) *) | V—VI | A. 89,04 B. 36,88 | 4,26 29,00 | 3,35 11,86 | 1,37 — | Sp. | — | 1,70 14,72 | — | — | — | 0,87 7,53 | 100,59 99,99 | Sp. | — |
|------|-------------------------------------|------|----------------------|---------------|---------------|-----------|-----|---|---------------|---|---|---|--------------|-----------------|-----|---|

Keuper. Q.-Kl. V, VI, VII.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------------------------|----|----------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|-------|-------|---------------|------------------|--------------|---|
| 144. | Ottenhausen (Lippe) ††) | V | A. 88,11 B. 33,22 | 4,00 29,65 | 3,57 10,55 | 1,27 1,82 | 0,22 1,82 | — | 1,90 15,78 | — | g. M. | g. M. | 1,08 8,97 | 100,15 100,00 | 0,08 0,66 | — |
| 145. | Seeborgen b. Gotha *) | V | A. 87,51 B. 29,35 | 3,59 22,16 | 2,71 9,89 | 1,21 11,94 | 1,46 — | Sp. | 0,73 5,97 | 1,14 9,32 | g. M. | — | 1,39 11,37 | 99,74 100,00 | 0,06 0,49 | — |
| 141. | Horn bei Lippe *) | VI | A. 97,08 B. 44,15 | 1,17 30,19 | 0,80 2,26 | 0,06 3,40 | 0,09 — | — | 0,23 8,68 | — | — | — | 0,30 11,32 | 99,73 100,00 | 0,01 0,40 | — |
| 146. | Seeborgen b. Gotha *) | VI | A. 88,97 B. 37,79 | 4,13 37,15 | 4,06 2,74 | 0,30 1,92 | 0,21 1,55 | 0,17 4,12 | 0,45 4,12 | — | g. M. | — | 1,61 14,73 | 99,90 100,00 | 0,04 0,35 | — |
| 147. | Steinstedt b. Börssum †) | VI | A. 97,72 B. 30,70 | 0,70 17,98 | 0,35 15,35 | 0,41 — | — | Sp. | 0,34 14,91 | — | — | — | 0,48 21,06 | 100,00 100,00 | 0,01 0,44 | — |

Lettenkohlsandstein. Q.-Kl. V, VI, VII.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------------------|----|----------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---|--------------|---|---|---|--------------|-----------------|-----|---|
| 143. | Maulbronn, Württemberg *) | VI | A. 82,00 B. 39,05 | 6,90 36,67 | 6,48 11,60 | 2,05 1,60 | 0,22 1,25 | — | 1,02 5,77 | — | — | — | 1,00 5,66 | 99,67 100,00 | Sp. | — |
|------|---------------------------|----|----------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---|--------------|---|---|---|--------------|-----------------|-----|---|

Abkürzungen: g. Sp. = geringe Spur; Sp. = Spur; g. M. = geringe Menge.

*) Frisches Bruchmaterial. †) Baumaterial von den am besten erhaltenen Stellen. ††) Baumaterial von den am meisten verwitterten Stellen.

Anmerkung. A.: Gesamtanalyse. — B.: Prozentuale Zusammensetzung der Zwischenmasse.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | Körniger Quarz | Gebundene SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O, Na ₂ O | CO ₂ | SO ₃ | P ₂ O ₅ | Glyhverlust | Summe | In kochendem Wasser lösl. Bestandteile in Gew.-% d. Gesteins | Von kochender Sodalösung aufgenommene SiO ₂ |
|----------------|---------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------|--------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 167. | Überruhr, Rheinland ††) | VI | A. 84,12 | 5,21 | 6,58 | 1,32 | 0,37 | 1,31 | — | — | — | — | 1,27 | 100,18 | Sp. | — |
| | | | B. 32,44 | 40,97 | 8,22 | 2,30 | 8,16 | — | — | — | — | — | — | 7,91 | 100,00 | — |
| 168. | Beyerfeld, Rheinpfalz ††) | VI | A. 78,47 | 8,04 | 6,79 | 2,22 | 0,25 | 2,08 | g. M. | — | — | — | 1,93 | 99,78 | 0,08 | — |
| | | | B. 37,73 | 31,86 | 10,42 | 1,17 | 9,76 | — | — | — | — | — | — | 9,06 | 100,00 | 0,37 |
| 171. | Böschweiler, Oldenburg *) | VI | A. 78,53 | 6,63 | 8,92 | 1,87 | 0,19 | 1,21 | — | — | — | — | 2,86 | 100,21 | Sp. | — |
| | | | B. 30,58 | 41,14 | 8,63 | 0,88 | 5,58 | — | — | — | — | — | — | 13,19 | 100,00 | — |
| 170. | Rydultau, Schlesien ††) | V | A. 85,23 | 5,75 | 5,43 | 0,48 | 0,12 | 1,04 | — | — | — | — | 1,74 | 99,79 | Sp. | — |
| | | | B. 39,50 | 37,29 | 3,30 | 0,82 | 7,14 | — | — | — | — | — | — | 11,95 | 100,00 | — |

Abkürzungen: g. Sp. = geringe Spur; Sp. = Spur; g. M. = geringe Menge.

*) Frisches Bruchmaterial. †) Baumaterial von den am besten erhaltenen Stellen. ††) Baumaterial von den am meisten verwitterten Stellen.

495. a) Minimal- und Maximalwerte (Gew.-%) der chemischen Bestandteile verschiedener Qualitätsklassen.
 2. Zusammenfassende Resultate.

| Qualitätsklasse (Anzahl der ausgeführten Analysen.) | Körniger Quarz | | Zwischen- masse | | Prozentgehalt der Zwischenmasse | | | | | | | | | | Glüh- verlust | | | |
|------------------------------------------------------------------|-------------------|---------|--------------------|---------|---------------------------------|---------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|-----------|---------|------------------------|---------|------------------|---------|-----------------|---------|
| | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | gebundene SiO ₂ | | Al ₂ O ₃ | | Fe ₂ O ₃ | | (Ca, Mg)O | | (K, Na) ₂ O | | CO ₂ | | SO ₃ | |
| | | | | | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum |
| I (12 Anal.) | 87,42 | 97,31 | 2,69 | 12,58 | 17,90 | 56,77 | 10,53 | 39,93 | 1,58 | 17,34 | 0 | 20,00 | 3,43 | 12,91 | 0—18,91 | 0—0,27 | 4,98 | 13,37 |
| I—II (9 Anal.) | 74,77 | 97,76 | 2,24 | 25,23 | 17,34 | 37,50 | 20,59 | 38,95 | 1,81 | 29,19 | 1,26 | 20,48 | 4,22 | 15,22 | 0—13,55 | 0—0,27 | 0 | 17,15 |
| II (12 Anal.) | 33,20 | 97,65 | 2,35 | 66,80 | 5,80 | 44,39 | 3,11 | 36,71 | 1,35 | 30,23 | 0,83 | 48,25 | 1,29 | 14,43 | 0—37,40 | 0 | 2,08 | 12,66 |
| II—III (17 Anal.) | 27,18 | 95,73 | 4,27 | 72,82 | 16,44 | 45,24 | 8,49 | 43,45 | 1,84 | 21,50 | 0,09 | 36,77 | 3,46 | 12,18 | 0—19,58 | 0 | 4,87 | 16,96 |
| III (11 Anal.) | 20,68 | 98,73 | 1,27 | 79,32 | 3,77 | 45,96 | 1,58 | 34,48 | 0,89 | 13,79 | 0 | 51,37 | 1,15 | 15,77 | 0—39,23 | 0 | 1,39 | 18,58 |
| III—IV (3 Anal.) | 78,64 | 96,36 | 3,64 | 21,36 | 19,74 | 34,98 | 5,91 | 25,06 | 0,49 | 14,07 | 11,61 | 19,81 | 6,95 | 18,15 | 0—8,51 | 0 | 8,29 | 12,89 |
| IV—V (4 Anal.) | 73,01 | 91,72 | 8,28 | 26,99 | 22,30 | 35,30 | 24,95 | 37,78 | 5,12 | 17,43 | 3,31 | 18,92 | 4,19 | 9,91 | 0—15,32 | 0 | 6,76 | 11,87 |
| V (9 Anal.) | 75,12 | 97,02 | 2,98 | 24,88 | 10,29 | 44,80 | 10,01 | 39,14 | 0,83 | 12,95 | 0 | 39,63 | 2,04 | 22,47 | 0—35,25 | 0 | 0 | 18,87 |
| V—VI (2 Anal.) | 79,35 | 89,04 | 10,96 | 20,65 | 36,88 | 42,60 | 29,00 | 38,39 | 0,67 | 11,86 | 0 | 0 | 2,73 | 14,72 | — | — | 7,53 | 15,61 |
| VI (17 Anal.) | 69,89 | 97,72 | 2,28 | 30,11 | 30,58 | 44,15 | 15,96 | 41,14 | 1,23 | 19,87 | 0 | 12,85 | 2,83 | 18,95 | 0—1,72 | 0—6,66 | 5,29 | 21,06 |
| VII (2 Anal.) | 56,94 | 95,87 | 4,13 | 43,06 | 33,70 | 37,97 | 18,16 | 28,86 | 9,70 | 22,17 | 4,72 | 5,93 | 6,84 | 11,05 | 0—4,16 | 0 | 6,60 | 10,14 |

b) Das Mengenverhältnis der körnigen Bestandteile und der Zwischenmasse.

496. Dasselbe ist bei den einzelnen Gesteinsvorkommnissen ein sehr verschiedenes. So schwankt der Gehalt an Zwischenmasse bei den hier untersuchten Sandsteinen

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------|
| der Devonformation | von 23,24 bis 26,65 | % und beträgt im Mittel 24,54 | %, |
| „ Steinkohlenformation „ | 7,01 „ 25,35 | „ „ „ „ | 15,28 „ „ |
| „ Trias (Buntsandstein) „ | 2,89 „ 43,80 | „ „ „ „ | 11,88 „ „ |
| „ Keuperformation | 2,26 „ 17,74 | „ „ „ „ | 8,41 „ „ |
| „ Juraformation | 7,08 „ 12,74 | „ „ „ „ | 9,91 „ „ |
| „ Kreideformation ¹⁾ | 2,24 „ 60,94 | „ „ „ „ | 10,13 „ „ |

Werden die Quoten der Zwischenmasse nach den Qualitätsklassen der Gesteine geordnet, so ergeben sich für die einzelnen Klassen folgende Minimal- und Maximalwerte:

| | | |
|-----------------|----------------------|-----------------|
| Qualitätsklasse | I: 2,69 bis 12,58 | % Zwischenmasse |
| „ | II: 2,24 „ 20,89 | „ „ |
| „ | III: 1,27 „ 60,94 | „ „ |
| „ | III—IV: 3,64 „ 21,36 | „ „ |
| „ | V: 2,98 „ 24,88 | „ „ |
| „ | VI: 2,28 „ 30,11 | „ „ |
| „ | VII: 4,13 „ 43,06 | „ „ |

Man ersieht hieraus, daß gesetzmäßige Beziehungen zwischen dem Gehalt an Zwischenmasse und dem Wetterbeständigkeitsgrade der Sandsteine nicht bestehen. Nach Maßgabe der in Betracht kommenden Verhältnisse war eine solche Abhängigkeit aber auch nicht zu erwarten. Die Analyse ergibt den Gesamtgehalt an zersetzbaren Bestandteilen, also die Summe des Kontakt- und Porenzements, welche beide nach Abs. 488 keineswegs durchgehends von gleicher Beschaffenheit sind. So kann z. B. das Kontaktzement rein kieselig sein oder aus einer stark siliifizierten, tonigen Substanz bestehen, während das Porenzement eine weiche, mergelige oder ockerige Masse bildet. Angenommen, es gelangten zwei Sandsteine mit rein kieseligem Kontaktzement zur Untersuchung, von denen der erste leere Texturporen aufweist, während die des zweiten mit einer weichen Tonsubstanz gefüllt sind. Beide Gesteine können infolge der kieseligen Kornbindung von gleicher Wetterbeständigkeit sein, trotzdem die Analyse des ersten Gesteins einen äußerst geringen, die des zweiten einen sehr beträchtlichen Gehalt an Zwischenmasse ergeben würde.

¹⁾ Sandige Gesteine der Kreideformation mit noch höherem Gehalt an kalkigem Bindemittel (bis 79,32%) sind hier nicht aufgeführt worden, da sie ein Übergangsglied zwischen Sand- und Kalksteinen bilden.

c) Die chemische Zusammensetzung der Zwischenmasse.

497. Die meisten der hier untersuchten Zwischenmassen sind nach ihrer Zusammensetzung im wesentlichen tonige Substanzen, mehr oder weniger reichlich gemengt mit Eisenoxyd bezw. Eisenhydroxyd und zum Teil mit Kalzium- bezw. mit Magnesiumkarbonat. Überdies weisen aber alle Analysen einen nicht unbeträchtlichen Gehalt an Kali und Natron auf, der zwischen 1,29 und 22,47% schwankt.

Dieser Alkaligehalt rührt in manchen Fällen von eingelagerten Feldspatkörnern oder auch von Glimmerblättchen her. Sind solche akzessorischen Gemengteile nicht vorhanden, dann kann staubförmiger Feldspat usw. in der Zwischenmasse oder aber eine authigene Silikatbildung die Ursache des Alkaligehalts sein. Die mikroskopische Untersuchung ermöglicht die genaue Unterscheidung der hier in Frage kommenden Verhältnisse.

Ein größerer Kalk- bezw. Magnesiumgehalt tritt stets in Verbindung mit Kohlensäure auf, während ein Kalk-Magnesiumgehalt von 1 bis 9% auch in kohlenstofffreien Sandsteinen vorkommen kann.

Mitunter ist bei Gesteinen der ersteren Art der Gehalt an CaO und MgO im Verhältnis zu CO₂ etwas größer, als es der Formel CaCO₃ bezw. MgCO₃ entspricht, in welchem Falle der Überschuß einem Kalk- bezw. Magnesiumsilikat angehört, das entweder in körniger Form oder auch als authigene Bildung vorhanden sein kann. Die gleiche Erklärung gilt für den Kalk-Magnesiumgehalt in kohlenstofffreien Sandsteinen.

Häufig finden sich in dem wässerigen Auszuge Spuren von Gips, und zwar sowohl in den Gesteinen älterer Bauwerke, wie auch in dem frischen Bruchgestein. Es handelt sich hierbei um ein aus der Zersetzung des eingesprengten Eisenkieses hervorgegangenes Produkt, und es ist bemerkenswert, daß diese Erscheinung selbst bei erstklassigen Gesteinen auftreten kann, falls dieselben eine feste, kieselige Kornbindung besitzen. Eine Spur von Phosphorsäure, welche sich in manchen Sandsteinen findet, kommt für die Qualitätsbestimmung derselben nicht in Betracht.

498. Die vorgenannten Bestandteile treten in den mannigfachsten Mengenverhältnissen in der Zwischenmasse der verschiedenen Sandsteine auf; aber vergebens versucht man zwischen der quantitativen Zusammensetzung derselben und der Qualität der zugehörigen Gesteine irgend welche konstanten Beziehungen aufzufinden.

Betrachtet man z. B. den Gehalt an gebundener Kieselsäure nebst zugehöriger Tonerde, so ergeben sich in den einzelnen Gesteinsklassen folgende Schwankungen:

| | | | | |
|-----------------|----------------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| Qualitätsklasse | I: 17,90 bis 56,77 % | SiO_2 , | 10,53 bis 39,93 % | Al_2O_3 |
| " | II: 5,80 " | 49,39 " | " | 3,11 " 36,71 " " |
| " | III: 3,77 " | 45,96 " | " | 1,58 " 34,48 " " |
| " | III—IV: 19,74 " | 34,98 " | " | 5,91 " 25,06 " " |
| " | V: 10,29 " | 44,80 " | " | 10,01 " 39,14 " " |
| " | VI: 30,58 " | 44,15 " | " | 15,96 " 41,14 " " |
| " | VII: 33,70 " | 37,97 " | " | 18,16 " 28,86 " " |

Dieses jeder Gesetzmäßigkeit entbehrende Ergebnis erklärt sich für Sandsteine mit kieseligem Kontaktzement aus der in Abs. 496 gegebenen Erläuterung. Denn wenn das Vorhandensein oder Fehlen des Porenzements bei fester, kieseliger Kornbindung ohne beträchtlichen Einfluß auf die Qualität des Sandsteins ist, so gilt dies in noch höherem Grade von der substanzialen Zusammensetzung des betreffenden Zements. Nur wenn die kieselige Kornbindung eine unvollkommene ist, oder wenn das Gestein eine Kornbindung mit wenig widerstandsfähigem, differenten Kontaktzement aufweist, kann die Beschaffenheit des Porenzements von wesentlichem Einfluß auf die Festigkeit und den Wetterbeständigkeitsgrad des Gesteins sein.

Dieselben Erwägungen gelten auch für die Analysen der Zwischenmassen von Gesteinen mit differentem und Basal-Zement. Auch hier schwankt die Zusammensetzung für die einzelnen Qualitätsklassen in durchaus unregelmäßiger Weise, und nur eine größere Beimengung von CaCO_3 pflegt den besseren Qualitäten zu fehlen.

Zweifellos müssen für Sandsteine der gedachten Art gesetzmäßige Beziehungen zwischen der substanzialen Zusammensetzung ihres Bindemittels und ihrer Wetterbeständigkeit obwalten. Aber wie bereits in Abs. 489 dargelegt worden ist, besteht die Mehrzahl der Bindemittel aus mikrogranulösen Substanzen, deren Kohärenz und Widerstandsfähigkeit gegen die Wirkung der Atmosphärien lediglich bedingt wird durch das mehr oder weniger reichliche Auftreten von Infiltrationssubstanzen, unter denen namentlich die Kieselsäure in Betracht kommt. Gerade dieser wichtigste Bestandteil des Bindemittels ist jedoch durch die chemische Analyse von den sonstigen kieseligen Bestandteilen des Sandsteins nicht zu trennen, und somit vermag das analytische Resultat denn auch keinen Anhalt für die Beurteilung der Qualität des Sandsteinzements bzw. des betreffenden Gesteins zu gewähren. Hier werden die übrigen Methoden der Bindemittelprüfung (mikroskopische Untersuchung und Feststellung der Wassererweichung) die chemische Analyse zu vervollständigen bzw. zu ersetzen haben.

Was übrigens den Gehalt an kohlensaurem Kalk in Sandsteinen ohne kieselige Kornbindung betrifft, so ist derselbe an und für sich nur dann von ungünstigem Einfluß, wenn er nicht in kristallinischer Form, sondern erdig auftritt. Es ist bereits an anderer Stelle hervorgehoben worden, daß Sandsteine mit kristallinisch-kalkigem Basalzement vortreffliche Baumaterialien bilden können. Findet sich aber in einem Sandstein Eisenkies in namhafter Menge, so wird ein Gehalt an Kalziumkarbonat in jeder Form die Wetterbeständigkeit des Materials in hohem Maße beeinträchtigen. Dagegen können Sandsteine mit fester, kieseliger Kornbindung einen beträchtlichen Eisenkiesgehalt neben kalkigem Porenzement besitzen und dennoch als gute Bausteine sich erweisen.

Kapitel 32.

Die Verwitterung der Sandsteine.

A. Chemische Verwitterung.

499. Die bei dem Studium der Verwitterung kristallinischer Silikatgesteine gebräuchliche Methode, durch Analyse des frischen Gesteins und der zugehörigen Verwitterungsrinde einen Anhalt für die Beurteilung des chemischen Vorganges der Verwitterung zu gewinnen, hat bei den Sandsteinen zu nennenswerten Erfolgen nicht geführt.

Die Verwitterungsrinde der meisten Sandsteine ist äußerst mürbe; es findet ein Substanzverlust durch Abschlämmung und Abbröckelung statt, der die körnigen Gemengteile und die Zwischenmasse in ungleichem Maße trifft, und es sind deshalb die Differenzen, welche sich zwischen der chemischen Zusammensetzung des frischen Gesteins und derjenigen der Verwitterungsrinde ergeben, nicht nur auf Rechnung der chemischen Umänderung, sondern in viel erheblicherem Maße auf die des mechanischen Verlustes zu setzen.

Daß unter solchen Umständen die ausgeführten Vergleichsanalysen keinen Anhalt für die chemischen Veränderungen gewähren können, liegt auf der Hand.

500. Die auffälligsten chemischen Verwitterungserscheinungen treten bei solchen kalkhaltigen Sandsteinen auf, welche reichlich Eisenkies enthalten, und zwar dann, wenn die Kornbindung des Gesteins durch ein kalkhaltiges Kontaktzement bewirkt wird, während bei kieseligem Kontaktzement und kalkhaltigem Porenzement nur eine Zerstörung des letzteren

eintritt, ohne daß die Kornbindung dadurch beeinträchtigt wird. Auch auf tonige Zwischenmassen, falls sie nicht in beträchtlichem Maße silifiziert sind, vermag die bei der Verwitterung des Eisenkieses frei werdende Schwefelsäure zerstörend einzuwirken, wenn auch in geringerem Maße als auf die kalkhaltigen Substanzen.

Die übrigen chemischen Veränderungen beschränken sich im wesentlichen auf die Zersetzung von Silikaten, wie namentlich Feldspat und Glaukonit, die dem Sandstein sowohl in größeren Körnchen, wie auch staubförmig in der Zwischenmasse beigemischt sein können, und ferner auf die Verwitterung gewisser authigener Silikatbildungen, insbesondere basischer Eisenoxydulsilikate und zeolithischer Substanzen, welche in geringer Menge in der Zwischenmasse mancher Sandsteine vorkommen. Damit ist aber auch die Möglichkeit der chemischen Veränderungen erschöpft. Denn die wesentlichen Bestandteile der Sandsteine, wie Quarz, Ton, kohlenaurer Kalk und Magnesia, Eisenoxyd und Eisenhydroxyd kommen, da sie selbst die Restprodukte der chemischen Zersetzung primärer Gesteine bilden, für eine weitere chemische Umbildung, insoweit es sich dabei um die unmittelbare Wirkung der Atmosphärien handelt, nicht mehr in Betracht. Nur die in den Rauchgasen enthaltene schweflige Säure vermag auf Karbonate zersetzend einzuwirken, doch ist die Bedeutung dieser Wirkung für den Zersetzungsprozeß der Gesteine und zumal der Sandsteine erheblich überschätzt worden. Im Durchschnitt enthält die Luft größerer Städte nicht über 0,001 Gew.-% und das Regenwasser nicht über 0,002 Gew.-% Schwefelsäure¹⁾. In solcher Verdünnung ist aber die Einwirkung der Säure, selbst auf reinen kohlenauren Kalk nur eine geringfügige, und sie wird fast gänzlich aufgehoben, falls das Karbonat, wenn auch nur in geringem Grade, silifiziert ist, wie das in den meisten Sandstein-Zwischenmassen der Fall zu sein pflegt.

501. Nach alledem wird es erklärlich, wenn die vielfach ausgesprochene Erwartung, daß eine umfangreiche chemische Untersuchung wertvolle Aufschlüsse über die Bedingungen der Wetterbeständigkeit der Gesteine zu geben vermöchte, sich für die Sandsteine nur in sehr beschränktem Umfange bestätigt hat.

Wenn trotzdem die Mehrzahl der zur Begründung einer Prüfungsmethode untersuchten Sandsteine analysiert worden ist, so geschah dies

¹⁾ In den größeren Städten Englands steigt der Schwefelsäuregehalt der Luft und des Regenwassers, infolge der dort allgemein gebräuchlichen Steinkohlenfeuerung, namentlich bei stark nebliger Witterung bis auf 0,002 bzw. 0,004 Gew.-% (s. Abs. 351 S. 251 u. f.).

einerseits, um damit den Beweis zu erbringen, daß die Verwitterung der Sandsteine im wesentlichen mechanischer Natur ist, anderseits aber, um den Kreis derjenigen Veränderungen zu umgrenzen, welche tatsächlich auf chemische Wirkungen zurückzuführen sind.

Hiernach wird sich die chemische Analyse der Sandsteine, für die Zwecke der technischen Gesteinsprüfung, auf folgende Untersuchungen beschränken dürfen:

1. Bestimmung des Gehalts an Kalk, Magnesia und Kohlensäure;
2. desgl. an Eisenkies.

Nur in besonderen Fällen, in denen die mikroskopische Untersuchung das Vorhandensein eines bisher noch nicht beobachteten Bindemittels ergibt, kann die vollständige Analyse desselben wünschenswert erscheinen.

B. Mechanische Verwitterung.

502. Die mechanische Verwitterung kann auf folgenden Vorgängen beruhen:

1. Ausschlämmung der in Wasser erweichbaren Bestandteile;
2. Ausdehnung und Schwindung des Gesteins infolge Wasserdurchtränkung bzw. Wiederaustrocknung;
3. Bildung einer undurchlässigen Oberflächenschicht durch Infiltration mit den wasserlöslichen Bestandteilen des Gesteins;
4. Frostwirkung;
5. Ausdehnung und Zusammenziehung durch Temperaturänderung.

Zu 1. Wie bereits an anderer Stelle hervorgehoben wurde (s. Abs. 401 S. 276) sind im Wasser nur tonige und solche pulverförmigen Bestandteile erweichbar, welche eine Festigung durch wasserbeständige Substanzen (Kieselsäure, kristallinischer Kalk usw.) nicht erfahren haben, deren Zusammenhang also auf Adhäsion beruht.

Treten derartige Bestandteile lediglich als Porenfüllmittel auf, so wird ihre Ausschlämmung, bei fester Bindung der körnigen Bestandmasse des Gesteins, keinen erheblichen Einfluß auf den inneren Zusammenhang desselben auszuüben vermögen. Nur bei schlechten Sandsteinen, deren Kontaktzement aus solchen wassererweichbaren Substanzen besteht, vermag deren Ausschlämmung den schnellen Zerfall des Gesteins herbeizuführen.

Zu 2. Durch Einwirkung des Wassers findet eine mehr oder weniger beträchtliche Ausdehnung der Sandsteine statt, während beim Austrocknen ein Schwinden, meist über das ursprüngliche Trockenmaß hinaus, ein-

tritt (s. Abb. 396 S. 272). Eine namhafte Bedeutung für die Verwitterung erlangt dieser Vorgang jedoch nur bei solchen Sandsteinen, deren Kornbindung ganz oder teilweise durch wassererweichbare Substanzen bewirkt wird, oder in denen solche Bestandteile in Form dünner Einlagerungen auftreten, wie dies nicht selten bei geschichteten, tonigen Sandsteinen vorkommt.

Zu 3. Die meisten Sandsteine enthalten einen mehr oder weniger beträchtlichen Gehalt an wasserlöslichen Bestandteilen. Bei einer größeren Anzahl untersuchter Sandsteine¹⁾ schwankte der Gehalt an solchen Bestandteilen zwischen 0 und 20,29% der Zwischenmasse. In den Wasserauszügen fanden sich SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O , CaO , MgO und CO_2 . Im allgemeinen läßt sich annehmen, daß schwach silifizierte, sowie andererseits feldspat-, glaukonit- und kalkreiche Bindemittel die größte Menge an wasserlöslichen Bestandteilen liefern werden, und die betreffenden Sandsteine werden dann auch durch allmähliche Ausnagung eine Lockerung ihres Gefüges erfahren.

Überdies aber ist zu beachten, daß beim Verdunsten des Wassers an der Oberfläche des Gesteins jene gelösten Bestandteile sich in der äußeren Rinde ablagern, wodurch diese im Laufe der Zeit eine beträchtliche Zunahme ihrer Festigkeit und Dichtigkeit erlangen kann. Ganz besonders zeigt sich diese Rindenbildung an dem unteren Teil der einzelnen Werkstücke über der Lagerfuge und zwar namentlich dann, wenn der Mörtel von guter und undurchlässiger Beschaffenheit ist. Das von dem oberen porös gebliebenen Teil des Werkstücks aufgenommene Wasser sammelt sich nunmehr in dem unteren Teil hinter der festen und undurchlässigen Rinde an. Es vermag nicht frei zu verdunsten, wirkt deshalb in erhöhtem Maße zersetzend auf die Gesteinsbestandteile ein, und da es auch während des Winters im Gestein zurückgehalten wird, verursacht es beim Gefrieren eine weitere Zermürbung desselben hinter der äußeren Rinde, die sich allmählich ablöst. Nicht nur an glatten Mauerflächen, sondern auch an Gesimsen findet sich häufig eine derartige schalenförmige Verwitterung.

Zu 4. Die vehemente Wirkung des Frostes, d. h. das Zerspringen bzw. Abblättern des Gesteins, tritt bei Sandsteinen nur unter folgenden Umständen auf:

¹⁾ Siehe J. Hirschwald, Die schalenförmige Verwitterung und ihre Beziehung zu dem Gehalt der Gesteine an wasserlöslichen Bestandteilen; Bautechnische Gesteinsuntersuchungen 1910, Heft 2 S. 47.

- a) wenn das Gestein von Stichen durchsetzt wird;
- b) falls es von dichter und dabei dünnstiefrieger Beschaffenheit ist;
- c) wenn dünne, tonige Zwischenlagen die Gesteinsmasse durchsetzen.

Im übrigen ist als Vorbedingung der Frostwirkung ein Sättigungskoeffizient von mehr als 0,8 zu bezeichnen, und da die Sandsteine bei ihrer porösen Struktur im allgemeinen einen beträchtlich niedrigeren Sättigungsgrad besitzen, so erweisen sie sich auch ihrer Mehrzahl nach als frostbeständig nach der gebräuchlichen Auffassung dieses Begriffs.

Anders liegen die Verhältnisse hinsichtlich der säkularen Wirkung des Frostes, welche überall da eintritt, wo grobporige Gesteine untergeordnet feinere Poren enthalten, welche sich durch Kapillarwirkung nahezu vollständig mit Wasser füllen können. Hier kann im Laufe längerer Zeiträume eine Verminderung der Kornbindungsfestigkeit im Innern und ein Absanden an der Oberfläche eintreten, ohne daß diese Erscheinung als eigentliche Frostwirkung erkennbar ist.

Zu 5. Die durch Sonnenbestrahlung und nachfolgende Abkühlung ständig stattfindende Dilatation und Kontraktion übt bei porösen Gesteinen von der Struktur der Sandsteine nur eine geringfügige Wirkung aus, die wohl nur in Jahrhunderten zu einer mäßigen Auflockerung des Gefüges führen kann.

C. Das Fortschreiten und die äußere Erscheinungsweise der Sandsteinverwitterung.

503. Im allgemeinen kann man zwei Stadien der Verwitterung unterscheiden:

1. Prägressive oder vorbereitende Verwitterung, welche, ohne eine namhafte Veränderung der Oberfläche hervorzurufen, eine allmähliche strukturelle bzw. substanzielle Umwandlung des Gesteins bewirkt, womit meistens eine mehr oder weniger beträchtliche Zunahme der Porosität und entsprechende Verminderung der Festigkeit verbunden ist. Dieser Prozeß kann Jahrzehnte, bei guten Gesteinen sogar Jahrhunderte andauern, ehe eine deutliche Oberflächenverwitterung einsetzt. Derartige Umbildungen des Gesteins sind teils ohne weiteres wahrnehmbar, teils können sie nur durch mikroskopische und chemische Untersuchungen bzw. durch Feststellung der Festigkeitsverminderung erkannt werden.

2. Potenzielle Verwitterung, d. h. starke äußere Zerstörung des Gesteins, welche bei guten Materialien erst dann eintritt, wenn die strukturelle bzw. substanzielle Beschaffenheit derselben durch den

prägressiven Prozeß so weit verändert worden ist, daß eine energische Einwirkung der Atmosphärien ermöglicht wird.

Bei erstklassigen Gesteinen bedarf es der Jahrhunderte, ehe der prägressive Prozeß bis zu dem Stadium der potenziellen Verwitterung gelangt, die auch dann nur langsam fortschreitet.

Die Gesteine mittlerer Qualität zeigen drei verschiedene Arten des Zerstörungsvorganges:

- a) Die prägressive Umbildung bedarf langer Zeiträume, dringt aber bis zu bedeutender Tiefe in das Gestein ein, und es nimmt deshalb auch die endlich einsetzende potenzielle Verwitterung einen raschen Verlauf.
- b) Auf die prägressive Veränderung der äußersten Rinde folgt alsbald auch die potenzielle Verwitterung derselben; beide Prozesse schreiten aber verhältnismäßig langsam nach der Tiefe zu fort, wie dies namentlich bei sehr dichten, jedoch frostbeständigen Gesteinen häufiger der Fall ist.
- c) Nach langdauernder, allmählicher Ausnagung weniger widerstandsfähiger, dünner Zwischenlagen bei geschichteten Gesteinen findet infolge von Frostwirkung eine plattenförmige Ablösung bezw. eine dünnschichtige Abwitterung statt.

Endlich tritt bei schlechten Gesteinen die potenzielle Verwitterung schon nach kurzer Zeit unvermittelt ein, d. h. ohne wahrnehmbare prägressive Wirkung und nimmt einen überaus schnellen Verlauf.

504. Was die äußere Erscheinungsform der Sandsteinverwitterung betrifft, so steht dieselbe in so inniger Beziehung zu dem Gefüge des Gesteins, daß selbst versteckte strukturelle Eigenschaften desselben durch die Verwitterungsform enthüllt werden.

Sehr gleichmäßig struierte Gesteine zeigen eine gleichmäßige, glatte Abwitterungsfläche. Treten Verschiedenheiten der Kornbindung im Gestein auf, so hängt die Verwitterungsform von dem Grade und der räumlichen Ausbildung dieser Verschiedenheiten ab.

Unbedeutende Strukturdifferenzen, welche in benachbarten Korngruppen regelmäßig wechseln, vermögen eine rauhe, porige oder höckerige Verwitterungsrinde zu erzeugen; findet der Wechsel in größeren Intervallen statt, so können sich beträchtlichere, flache Abwitterungsstellen ergeben.

Sind die Gefügeunterschiede bedeutend, und ist demzufolge die Widerstandsfähigkeit des Gesteins an den einzelnen Stellen sehr ungleich, so wird die Gesteinsoberfläche, je nachdem ein Strukturwechsel in kleineren oder größeren Intervallen stattfindet, eine klein- oder großlöcherige Auswitterung erfahren.

Ein parallelschichtiger Wechsel der Struktur kann eine schichtenförmige Ausnagung zur Folge haben.

Ist das Gestein frostbeständig, so schreitet die Verwitterung allmählich nach der Tiefe zu fort, und zwar unter sonst gleichen Verhältnissen um so langsamer, je dichter das Gestein ist. Gelangt aber zugleich mit den Atmosphärenteilchen der Frost bei der Verwitterung zur Geltung, so zermürbt oder zerklüftet das Gestein in Verbindung mit der Oberflächenverwitterung bis zu größerer Tiefe.

Sehr dünn geschichtete und namentlich schiefrige Sandsteine zeigen unter der Frostwirkung eine schichtenförmige Abblätterung.

505. Nach Maßgabe der hierbei auftretenden besonderen Verhältnisse lassen sich folgende Verwitterungstypen an den Sandsteinen unterscheiden:

Typ. 1. Glatte, ebenflächige Abwitterung (s. Fig. 174 u. 180).

Dieselbe kann nur bei Sandsteinen mit sehr gleichmäßiger Textur und Struktur zur Ausbildung gelangen.

Typ. 2. Glatte, unebene (wellige, buckelförmige, rippige oder völlig unregelmäßige) Abwitterung (s. Fig. 180 u. 181).

Tritt bei Sandsteinen mit gleichmäßiger Textur, aber einer der Verwitterungsformen entsprechenden Strukturdivergenz auf.

Typ. 3. Narbige bis höckerige Abwitterung (s. Fig. 182 und 183).

Deutet auf Texturunterschiede in kleinen Intervallen hin.



Fig. 174. Epitaph an der Außenwand der kath. Kirche zu Bunzlau. Alter 349 Jahre.

Zermürbung der geschwärtzten Oberfläche, ohne erheblichen Substanzverlust. Stärkere Abwitterung am oberen Gesims.

Verw.-Typ. 1 bzw. 4.

Material: Sandstein von Alt-Warthau.



Fig. 175.

Epitaph an
der Außenwand der
kath. Kirche zu Bunzlau.
Alter 306 Jahre.

Spuren von Verwitterung
zwischen den Schriftzeichen;
etwas stärkere Abwitterung
am unteren Rande.

Verw.-Typ. 2.
Material: Sandstein von
Alt-Warthau.



Fig. 176.

Epitaph an
der Außenwand der kath.
Kirche zu Bunzlau.
Alter 296 Jahre.

Links: Geringe Verwitterung
an den figürlichen und orna-
mentalenen Teilen am unteren
Ende. Rechts: Ziemlich be-
trächtliche Abwitterung und
löcherige Ausnagung.

Verw.-Typ. 3 bzw. 4.
Material: Sandstein von
Alt-Warthau.

Fig. 177.

Epitaph an der Kirch-
hofsmauer zu Löwen-
berg. Alter 208 Jahre.

Schwache, narbige Abwitterung,
an einzelnen Stellen löcherige
Ausnagungen. Verw.-Typ.

3 bzw. 4.

Material: Sandstein der Um-
gegend von Löwenberg.

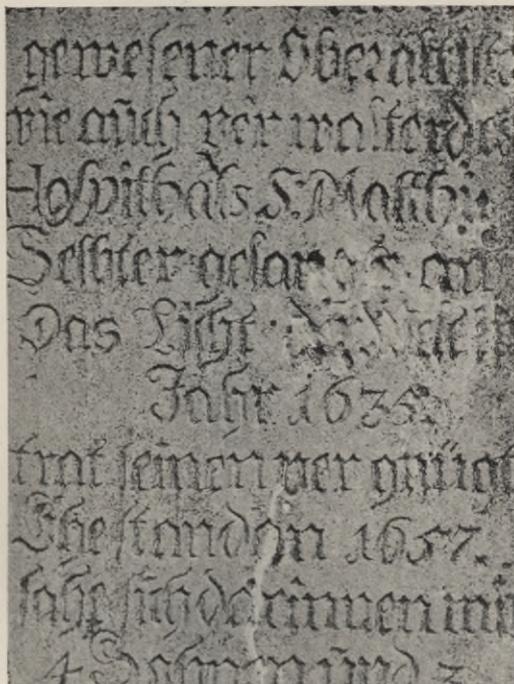


Fig. 178.

Epitaph an der Außenwand
der kath. Kirche zu
Bunzlau. Alter 198 Jahre.

Vereinzelte löcherige Ausnagungen.
Am oberen Gesims schwache Zer-
mürbung und Abwitterung. Verw.-

Typ. 3 bzw. 4.

Material: Sandstein von
Alt-Warthau.



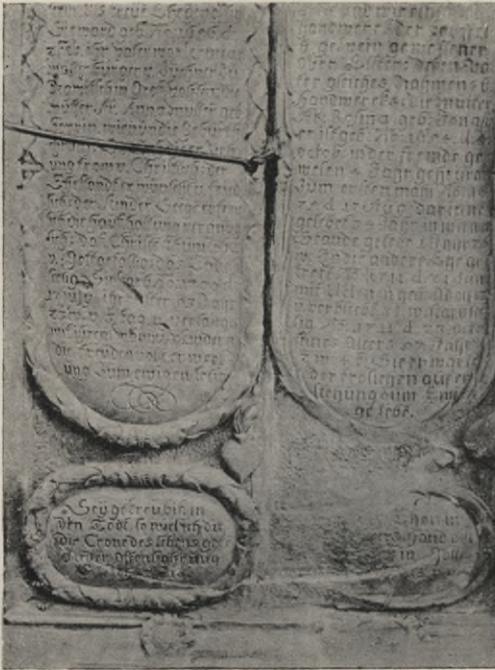


Fig. 179.

Epitaph an der Außenwand der kath. Kirche zu Bunzlau. Alter 194 Jahre.

Namentlich unten rechts stärkere glatte bis narbige Abwitterung. Verw.-Typ. 2 bzw. 3.

Material: Sandstein von Alt-Warthau.

Anmerkung. Obgleich der Warthauer Sandstein sich durch eine verhältnismäßige Gleichartigkeit der Struktur auszeichnet, machen sich doch recht erhebliche Qualitätsunterschiede an dem aus verschiedenen

Abbauperioden stammenden Material bemerkbar. So zeigt z. B. die Platte Fig. 179 eine bei weitem stärkere Verwitterung als die in Fig. 175 abgebildete, um 112 Jahre ältere Platte.

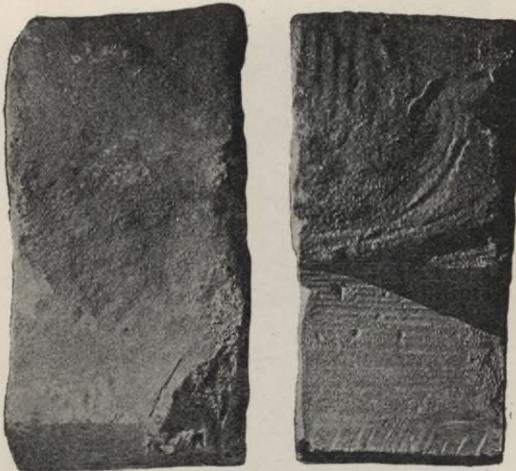


Fig. 180.

2 Proben von dem Gestein einer Bahnunterführung auf der Strecke Weißenfels—Neudietendorf. Alter 45 Jahre.

Links: Glatte Abwitterung. Rechts: Rippige Auswitterung. Verw.-Typ. 2.

Material: Sandstein von Seebergen bei Gotha.

Typ. 4. Löcherige bzw. aderförmige Auswitterung (s. Fig. 184).

Entsteht bei Textur- bzw. Strukturunterschieden in größerer Ausdehnung (stellenweise mangelhafte Kornbindung), z. T. auch infolge Zermürbung des Gesteins durch Bearbeitung mit dem Spitz Eisen (s. Schlagspuren-Verwitterung, Typ. 14).

Typ. 5. Maserige Auswitterung.

Tritt bei Einlagerung leicht verwitterbarer Substanzen in wellig verflochtenen, dünnen Partien auf, wie z. B. beim Cottaer Sandstein durch derartige Einlagerung verkohlter Pflanzenblätter.

Typ. 6. Schuppige bis blättrige Abwitterung. Es lösen sich kleinere Schuppen (s. Fig. 183) oder auch größere Blätter von der Oberfläche ab, unter der das Gestein meistens mürbe erscheint.

Eine solche Verwitterungsform kann durch Frostwirkung oder auch durch subkutane Verwitterung (s. Typ. 11) entstehen. Tonige Gesteine vermögen das aufgenommene Wasser unter der abgetrockneten Oberfläche noch längere Zeit festzuhalten, und da der Frost nur auf die wassergesättigte tiefere Schicht einwirkt, so wird die Oberfläche in dünnen Blättern beim Gefrieren des darunter befindlichen Porenwassers abgehoben.

Typ. 7. Regelmäßig-schichtenförmige Auswitterung (s. Fig. 187 und 189).

Tritt bei geschichteten Gesteinen auf, die in Wasser leicht erweichbare, dünne Einlagerungen (Ton, Mergel) oder dünne Zwischenlagen von unvollkommener Kornbindung aufweisen.

Typ. 8. Unregelmäßig-schichtenförmige Auswitterung (s. Fig. 191).

Entsteht insbesondere bei diskordanter Schichtung (z. B. Nebraer Sandstein) oder bei sonstiger unregelmäßiger Schichtenausbildung.

Typ. 9. Löcherig-schichtige Auswitterung (s. Fig. 188).

Bildet sich bei geschichteten Gesteinen aus, durch das lagerförmige Auftreten von Partien mit unvollkommener Kornbindung.

Typ. 10. Aufblätterung und dünnplattige Abwitterung nach der Schichtfläche (s. Fig. 190).

Tritt bei sehr dünn geschichteten bis schiefrigen Gesteinen als Folge der Frostwirkung auf, namentlich wenn die Werkstücke im Mauerwerk auf den Spalt gestellt sind, d. h. wenn die Schichtfläche des Gesteins parallel zur Mauerfläche gerichtet ist.

Typ. 11. Subkutane Verwitterung, d. h. eine Auflockerung unterhalb der Gesteinsoberfläche, wobei diese eine erhöhte Festigkeit erlangen kann (s. Abs. 502, 3).



Fig. 181. Vom Bober-Viadukt bei Bunzlau. Alter 50 Jahre.

Glatte, buckelförmige Abwitterung. Verw.-Typ. 2. Material: Sandstein von Dobrau oder Warthau.

Ein Beispiel hierfür liefern die durch ihre grotesken Formen ausgezeichneten Weckelsdorfer Sandsteinfelsen. Durchstößt man die dünne, wenig feste Oberfläche der Felsen, so rieselt der lockere Sand aus der Öffnung hervor. Derartige Verwitterungserscheinungen können entstehen:



Fig. 182. Architekturteil von dem Siegesdenkmal zu Breslau.
Alter 21 Jahre.

Starke narbige, z. T. löcherige Abwitterung. Verw.-Typ. 3—4.
Material: Sandstein von Naumburg am Queiß.

- a) durch Auslaugung von Kalk aus dem Bindemittel und Ablagerung desselben an der Verdunstungsoberfläche;
- b) durch Auslaugung von Gips und Eisenvitriol unter Umwandlung des letzteren in Eisenocker (Verwitterung von FeS_2 in kalkhaltigen Sandsteinen) und Ablagerung in der äußeren Rinde;
- c) durch Zersetzung von Eisenoxydsilikaten und Anreicherung der Gesteinsoberfläche mit Kieselsäure und Eisenocker.

Namentlich bei Kohlsandsteinen findet man nicht selten eine ockerige, sehr kieselreiche Verwitterungsrinde, welche härter als das Gesteinsinnere ist.

Typ. 12. Vereinzelte Rißbildungen und Abspaltungen als Wirkung des Frostes.

Typ. 13. Mehr oder weniger regelmäßige Zerklüftung.

Dieselbe tritt bei geschichteter Struktur sowohl parallel zur Schichtfläche als auch quer dazu auf und ist bei Sandsteinen fast ausnahmslos auf Frostwirkung zurückzuführen. Fig. 193 zeigt die Verwitterungsform eines roten Sandsteins, der von einer Bahnunterführung her stammt, durch welche Salinenwässer abfließen. Aber nicht der Salzgehalt des Wassers an und für sich, sondern die durch dasselbe verzögerte Verdunstung und die dadurch hervorgerufene vermehrte Frostwirkung sind hier in erster Linie als die Ursachen der Zerklüftung zu betrachten.

Typ. 14. Schlagspuren-Verwitterung (s. Fig. 184 und 185).

Bei Bearbeitung poröser Sandsteine mittels des Spitzhammers und Krönels erleidet das Gestein auf 1 bis 2 cm unter der Schlagfläche eine Auflockerung, und wenn hiervon an der geglätteten Oberfläche auch nichts mehr zu bemerken ist, so macht sich doch in wenigen Jahrzehnten eine starke

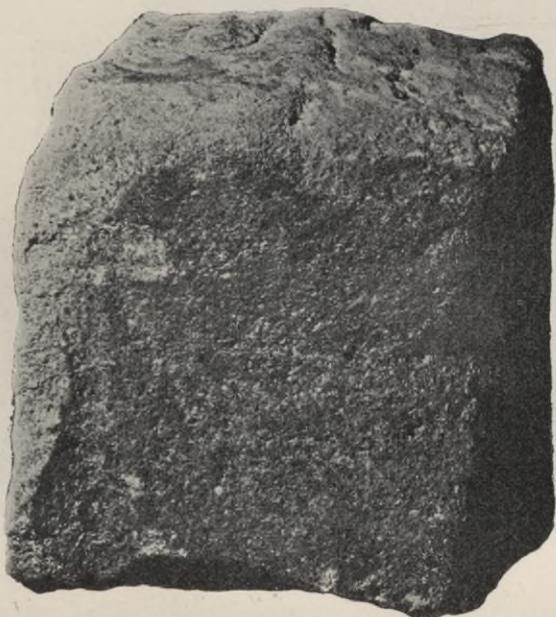


Fig. 183. Vom Dom zu Breslau. Alter 600 Jahre.
Narbige Abwitterung. Verw.-Typ. 3.
Material: Sandstein von Harpersdorf bei Löwenberg.

Abwitterung der Schlagstellen bemerkbar. In besonders auffälliger Weise ist diese Erscheinung am Elbsandstein zu beobachten, dessen löcherige Auswitterung nicht nur durch eingelagerte kohlige Substanzen, sondern vorzugsweise durch die zweckwidrige Bearbeitungsmethode verursacht wird.

506. Die aufgeführten Verwitterungstypen kommen nicht selten miteinander kombiniert vor, und ihre Ausbildungsformen können überdies unter Mitwirkung des Frostes mancherlei Veränderungen erfahren. Häufig ist mit der Verwitterung eine Farbenänderung verbunden, und zwar handelt es sich hierbei fast ausschließlich um eine Oxydation des Eisengehalts. Findet sich im Gestein Eisenkies, so verwandelt sich das durch Verwitterung desselben gebildete Eisensulfat an der Oberfläche in Eisenhydroxyd und überzieht das Gestein mit einer rostbraunen Rinde.

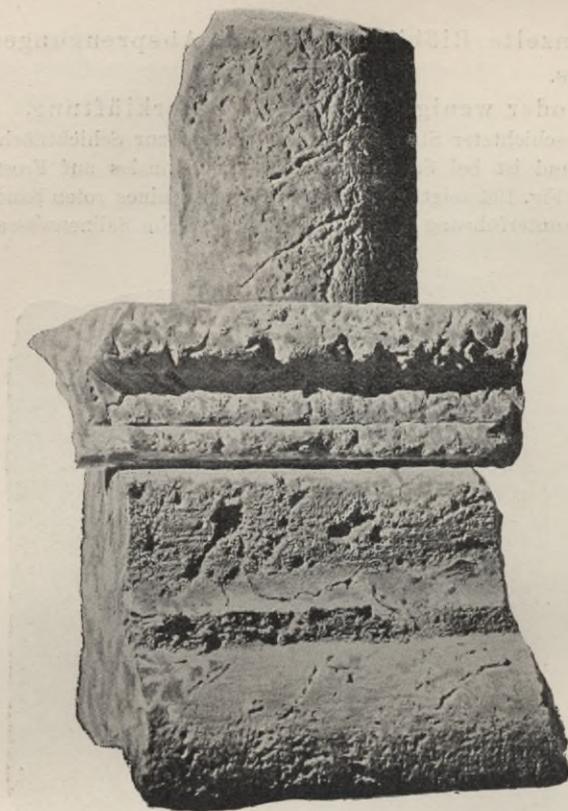


Fig. 184.

Architekturteile von der
Hedwigskirche zu Berlin.
Alter etwa 140 Jahre.

Löcherige und aderförmige Aus-
witterung von eingelagerten
Kohlenschmitzen, z. T. aber auch
von Schlagspuren herrührend.

Typ. 4 bzw. 14.

Material: Elbsandstein.



Fig. 185.

Von der roh
bearbeiteten
Rückseite
eines Dach-
aufsatzes an
der Hedwigs-
kirche zu
Berlin. Alter
etwa 140 J.

Schlagspuren-
Verwitterung.
Verw.-Typ. 14.
Material: Elb-
sandstein.

Fig. 187.

Regelmäßig schichtenförmige Auswitterung.

Verw.-Typ. 7.

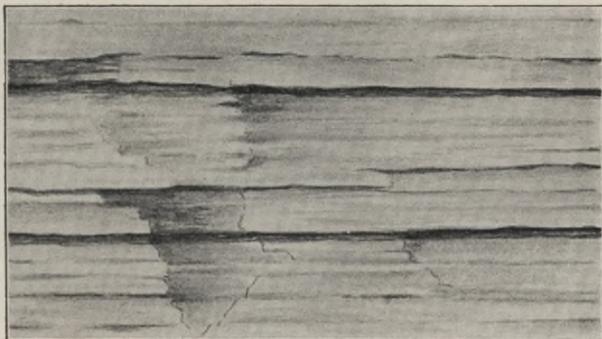


Fig 188.

Löcherig-schichtige Auswitterung.

Verw.-Typ. 9.

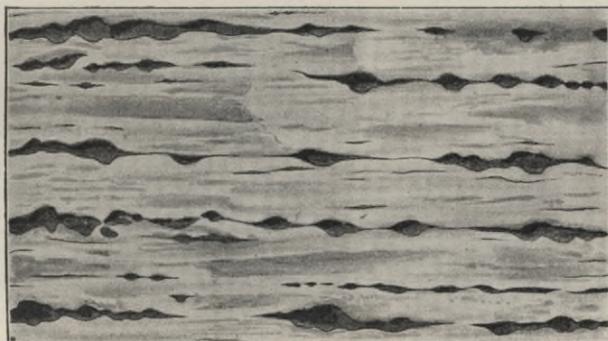


Fig. 189.

Von einem Portalpfeiler des Domes zu Wetzlar. Alter etwa 600 Jahre.

Schichtenförmige Ausnagung toniger Zwischenlagen. Verw.-Typ. 7.

Material: Roter Sandstein von Marlewig b. Marburg.

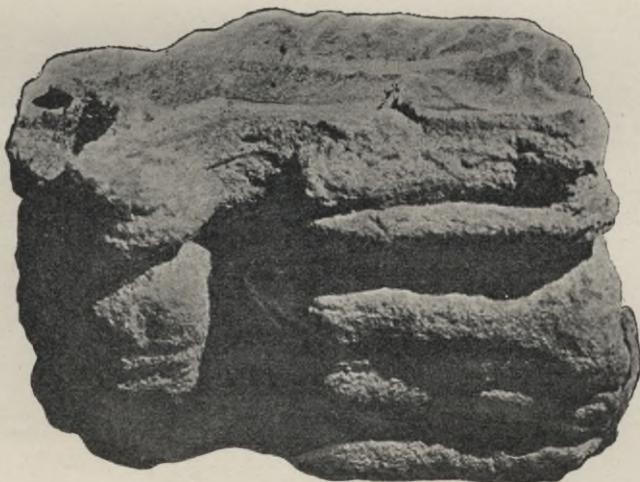




Fig. 190. Sockelbekleidung im östlichen Hof der Technischen Hochschule zu Charlottenburg. Alter 9 Jahre.

Aufblätterung und dünnplattige Abwitterung. Verw.-Typ. 10. Die zur Bekleidung verwendeten dünnen Sandsteinplatten sind auf den Spalt gestellt; sie saugen somit reichlich Grundfeuchtigkeit auf und unterliegen deshalb der Frostwirkung. Material: Roter, sehr dünnschichtiger bis schiefriger Sandstein aus der Umgegend von Miltenberg a. M.



Fig. 191.

Großes Werkstück aus einer Bahnüberführung bei Hainholz. Alter 30 J.

Starke, unregelmäßige, schichtenförmige Auswitterung, hervorgerufen durch abwechselnde, mürbe Zwischenlagen im Gestein. Verw.-Typ. 7. Material: Graugelber Sandstein von Lutter am Barenberge.



Fig. 192. Vom Bober-Viadukt bei Bunzlau. Alter 50 Jahre.

Unregelmäßig-schichtige Auswitterung. Die Abbildung links zeigt die hintere Seite der Gesteinsprobe und läßt die Strukturunterschiede erkennen, welche die Verwitterungsform bedingt haben. Verw.-Typ. 8. Material: Sandstein von Dobrau oder Warthau (?).



Fig. 193. Von der gewölbten Bahnunterführung bei Nauheim. Alter 44 Jahre.
Dient den Abflußwässern der Saline Nauheim zum Durchlaß.

Das Gestein ist nahezu rechtwinklig zur Schichtung durch Frostwirkung zerklüftet (s. Bemerkung zu Typ. 13 S. 402). Material: Hellroter Sandstein von Bleichenbach (Hessen-Darmstadt).

Andererseits zersetzt sich das in dem Bindemittel mancher Sandsteine vorhandene Eisenoxydulsilikat unter Ausscheidung von Brauneisen bezw. Eisenerocker. In seltenen Fällen tritt eine schwärzliche Färbung durch Manganhydroxyd auf.

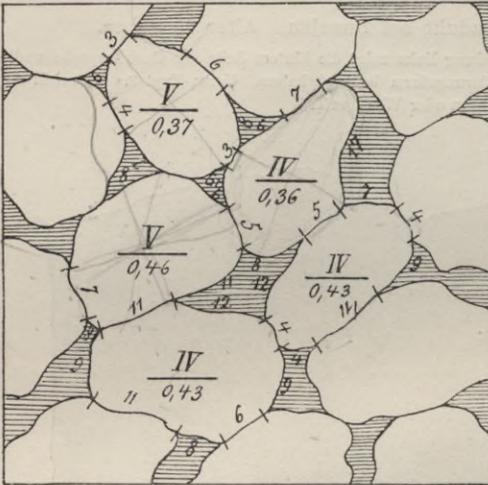
Kapitel 33.

Spezielle Prüfungsmethoden.

A. Mikroskopische Bestimmung und Ausmessung der Kornbindung¹⁾.

507. Neben der substanziellen Art der Kornbindung ist für die Festigkeit und demnach auch für die Wetterbeständigkeit der Sandsteine die Dichtigkeit der Kornlagerung von Bedeutung. Dieselbe kann durch

die „Bindungszahl“ und das „Bindungsmaß“ bestimmt werden. Unter Bindungszahl (Bz) soll die Anzahl der Körner verstanden werden, welche mit jedem einzelnen Korn in der Ebene des mikroskopischen Schliffes verbunden erscheint; unter Bindungsmaß (Bm) der Quotient aus der Summe derjenigen Teile des Kornumfanges, welche mit den anlagernden Körnern verwachsen sind, und dem gesamten Kornumfange.



$$\text{Kornbindung: } \frac{IV \cdot V}{0,36 \cdot 0,46}$$

Fig. 194.

Hiernach würde sich beispielsweise die Bindungszahl in Fig. 194 zu IV—V bestimmen, d. h. ein Teil der Körner ist mit 4, ein anderer mit 5 Körnern verwachsen. Oftmals ist die Aggregationsweise der Quarzkörner in den Sandsteinen eine äußerst gleichmäßige, so daß nur selten Abweichungen von der regulären Bindungszahl vorkommen; in anderen Fällen schwankt die Bindung, wie oben, zwischen zwei Zahlenwerten, oder es gelangen stellenweise beträchtlichere Abweichungen zur Geltung. Je einheitlicher die Kornbindung ist, desto gleichmäßiger ist die Größe und Verteilung der Texturporen, während eine stellenweise Verminderung der Bindungszahl die Ausbildung größerer Strukturporen zur Folge hat, falls das Bindungsmaß nahezu konstant bleibt.

¹⁾ Die Untersuchungen werden an Dünnschliffen der betreffenden Sandsteine ausgeführt.

Zur Feststellung dieses Maßes bedient man sich des Planimeter-Okulars (s. S. 146). Die Meßlinie desselben wird an eine der Bindungslinien des auszumessenden Kornes herangeschoben und deren Länge bestimmt (Fig. 195 a). Alsdann dreht man das Objekt, bis die Meßlinie parallel zum nächsten Bindungsabschnitt steht, stellt dessen Länge fest und so fort, bis der ganze Kornumfang gemessen ist. Hierbei empfiehlt es sich, zunächst das auszumessende Korn mit seinen Bindungen zu skizzieren, den Anfangspunkt *A* der Messung zu bezeichnen und die bestimmten Längen in die Zeichnung einzutragen, wie dies in Fig. 195 b

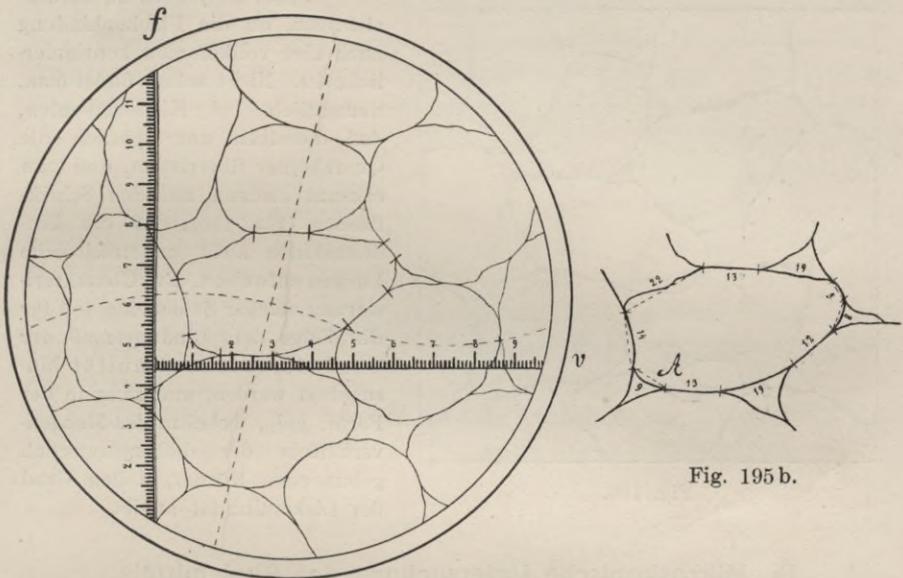


Fig. 195 a.

Fig. 195 b.

dargestellt ist. Der Gesamtumfang des Kornes sei hier $13 + 19 + 12 + 8 + 5 + 19 + 13 + 22 + 14 + 9 = 134$ und der mit den benachbarten Körnern verbundene Teil desselben $13 + 12 + 5 + 13 + 14 = 57$ Mikrometerteilstrichen; es berechnet sich demnach das Bindungsmaß zu $\frac{57}{134} = 0,42$, und da die Bindungszahl 5 ist, so bezeichnet man die Kornbindung mit $\frac{V}{0,42}$.

Daß bei rundlichen Körnern die Ausmessung sich aus den Sehnen der einzelnen Bogenteile zusammensetzt, verursacht bei derartigen Bestimmungen keinen erheblichen Fehler. Die Messung wird an einer größeren Anzahl von Körnern ausgeführt, und zwar empfiehlt es sich, hierfür zwei aufeinander rechtwinklige Kornreihen (wie sie durch die punktierten Linien in Fig. 195 a angedeutet sind) zu wählen. Das Mikroskop muß zu dem Objektisch genau zentrisch eingestellt sein, damit bei Drehung desselben die zu messenden Körner im Gesichtsfelde bleiben.

508. Während mit der Kornbindungszahl im allgemeinen die Anzahl der Texturporen wächst, verringert sich die Größe derselben mit zunehmendem Bindungsmaß. Je größer der Quotient $\frac{B_m}{B_z}$ ist, desto größer sind die Flächen, mit denen die Körner aneinander haften und desto beträchtlicher also auch der Widerstand, den die Kornbindung den Verwitterungsagentien entgegensetzt, welche auf eine Lockerung des Gefüges abzielen. Ein hohes Bindungsmaß bei geringer Bindungszahl wird deshalb von günstigem Einfluß auf die Wetterbeständigkeit des Gesteins sein.

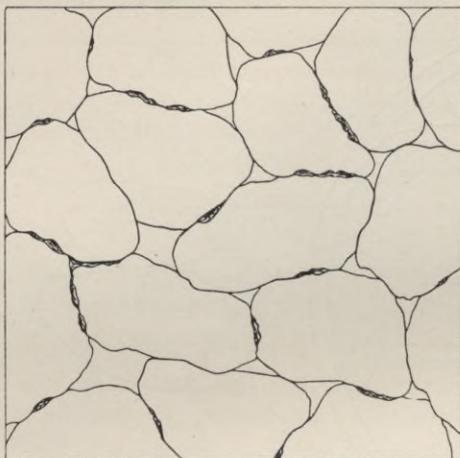


Fig. 196.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, ob die Flächenbindung auch eine vollkommen kontinuierliche ist. Nicht selten findet man, namentlich bei Kieselzementen, daß dieselben nur spärlich die Quarzkörner überrinden, und man erkennt alsdann auf den Schlißflächen (Fig. 196), daß die Bindungslinien nicht unbeträchtliche Lücken aufweisen. Zur Charakterisierung solcher Sandsteine soll für die Folge dem Bindungsmaß der Grad der Diskontinuität hinzugefügt werden, und zwar in der Form: md_n , wobei m das Mengenverhältnis der diskontinuierlich gebundenen Körner, n den Grad der Diskontinuität angibt.

B. Mikroskopische Untersuchung des Bindemittels.

509. Wie in Abs. 487 dargelegt wurde, zerfällt die Bindemittelsubstanz nach ihrer strukturellen Bedeutung in das Kontaktzement, Porenzement und Basalzement. Bei vielen Sandsteinen ist das Kontaktzement rein kieselig, während ein toniges, kalkiges oder mergeliges Porenzement bzw. ein kaoliniges oder eisenockeriges Porenfüllmittel vorhanden ist; bei anderen ist das Kontakt- und Porenzement substanziiell von gleicher Beschaffenheit. Namentlich für Gesteine der letzteren Art bedarf es, falls das Zement nicht rein kieselig ist, einer eingehenden Prüfung desselben, die bei der komplexen, mikrogranulösen Beschaffenheit der meisten Bindemittelsubstanzen große Sorgfalt erfordert.

Hierbei leistet die mikroskopische Methode der Dünnschliffuntersuchung vortreffliche Dienste. Um weichere Sandsteine für die Herstellung geeigneter Schriffe hinreichend zu festigen, werden, wie bereits Abs. 490 bemerkt wurde, würfelförmig geschlagene Stückchen des Ge-

steins mit heißem venetianischen Terpentin getränkt, den man so lange bei etwa 120° erwärmt, bis eine Probe davon auf dem Objektglase alsbald zu einer vollkommen harten Masse erstarrt¹⁾.

510. Die Bindemittelsubstanz der Sandsteine ist entweder homogen und kann alsdann aus Quarz, amorpher Kieselsäure oder aus Kalkspat bestehen, oder sie wird, wie dies meistens der Fall ist, von feinkörnigen bis staubförmigen Gesteins-Zersetzungsprodukten, insbesondere von tonigen, kalkigen, mergeligen Substanzen, untermischt mit staubförmigem Quarz, Eisenoxyd oder Eisenhydroxyd, gebildet. Innerhalb der letztgenannten Produkte finden sich aber häufig auch mineralische Neubildungen, sog. authigene Substanzen²⁾, und zwar vorzugsweise kristallisierte bezw. amorphe Kieselsäure (Quarz oder Opal), Silikate, namentlich Zeolithe, Kalkspat, Glaukonit usw.

Ein Teil dieser authigenen Stoffe ist aus der Verwitterung der mit dem Quarzsand zugleich abgelagerten Körnchen von Silikaten, namentlich von Feldspat, entstanden, durch dessen Zersetzung Kieselsäure, Kaolin und Alkalikarbonate gebildet werden. Andererseits können authigene Substanzen durch Ausscheidung aus den in das Gestein eingedrungenen Lösungen entstanden sein, wie dies sowohl für einen Teil der Kieselsäure, als auch besonders für den Kalkspat zutrifft.

Als authigen sind namentlich alle kristallisierten Bestandteile des Bindemittels zu betrachten und überdies die amorphen Infiltrationsprodukte.

¹⁾ Für den gedachten Zweck ist der venetianische Terpentin dem sonst beim Gesteinsschleifen meist verwendeten Kanadabalsam vorzuziehen, weil er weniger spröde ist als dieser. Es muß jedoch beachtet werden, daß der Terpentin mitunter in der klaren Schmelzmasse spärliche, wasserhelle oder gelblich gefärbte Granulationen, feine stabförmige Kristalloide und auch scharf ausgebildete rektanguläre Tafeln mit abgestumpften Ecken enthält. Diese Ausscheidungen sind nur bei starker Vergrößerung wahrnehmbar, sie wirken nicht merklich auf polarisiertes Licht, und eine Verwechslung mit den Strukturelementen des Bindemittels ist bei einiger Aufmerksamkeit ausgeschlossen. Überdies enthalten die Schiffe meistens Einschlüsse des zum Schleifen verwendeten Materials. Der in den weicheren Teilen des Präparats zurückgebliebene Smirgel bildet unregelmäßige Körnchen und Splitter, die äußerst schwach doppelbrechend sind; das dem Smirgel beigemengte Magneteisen erscheint in opaken, schwarzen Partikelchen, die zum Polieren mitunter benutzte Zinnasche in schwach durchsichtigen, sehr kleinen rundlichen Körnchen ohne Doppelbrechung. Es ist ratsam, sich ein Vergleichspräparat aus einem Tropfen des verwendeten Terpentins, dem etwas Smirgel und Zinnasche zugesetzt ist, herzustellen.

²⁾ Authigen nennt man die innerhalb der Gesteinsmasse entstandenen Substanzen im Gegensatz zu den allothigenen, welche die ursprüngliche Zusammensetzung der sedimentären Gesteinsmasse bilden.

Erst durch die reichliche Ausbildung solcher authigenen Bestandteile erlangt das Bindemittel die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit eines wetterbeständigen Sandstein-Zements. Denn die allothigenen, tonigen, mergeligen, kalkigen und ockerigen Substanzen verdanken den Zusammenhang ihrer erdigen und staubförmigen Partikel lediglich der Adhäsion (s. Abs. 301 S. 192), deren Wirkung bekanntlich durch den Einfluß des Wassers mehr oder weniger vollständig aufgehoben wird. In dem Maße aber, in welchem solche erdigen Agglomerate von Kieselsäure durchtränkt oder von mikrokristallinischen Silikaten bzw. von Kalkspatmasse durchwachsen werden, erhöht sich nicht nur ihre eigene Festigkeit, sondern auch ihre Haftfestigkeit an den Quarzkörnchen des Sandsteins, wie andererseits ihre Widerstandsfähigkeit gegen die erweichende Wirkung des Wassers.

Während diese Verhältnisse für Sandsteine mit kieseliger Kornbindung nur eine untergeordnete Rolle spielen, da in ihnen die differente Bindemittelsubstanz lediglich als Porenzement auftritt, sind sie für Gesteine mit differentem Kontaktzement ausschlaggebend für deren Wetterbeständigkeitsgrad.

511. Nach ihrer mikroskopischen Erscheinungsweise lassen sich insbesondere die folgenden Bindemittel-Typen unterscheiden¹⁾:

Typ. I. Quarz-Zement nach den Quarzkörnchen kristallographisch orientiert, s. Fig. 144 S. 365. Qualität: IA.

Typ. II. Quarz-Zement ohne kristallographische Orientierung nach den Quarzkörnchen, s. Fig. 145 S. 366. Qualität: IB.

Typ. III. Granulöses Quarz-Zement, s. Fig. 146 S. 366. Qualität IC.

¹⁾ Zur Untersuchung der Bindemittelsubstanzen bedarf es eines Mikroskops mit sehr lichtstarken Objektiven, sowie der Anwendung künstlichen Lichts (Gasglühlicht). Man beobachtet zunächst den Schliff bei etwa 150facher Vergrößerung (Objektiv 5, Okular 3 der Fueßschen Mikroskope), und zwar im gewöhnlichen und polarisierten Licht, um sich über die allgemeinen Strukturverhältnisse zu unterrichten und insbesondere festzustellen, ob verschiedenartige Bindemittelsubstanzen vorhanden sind. Um sich vor Verwechslungen zu hüten (es kommen in den Sandsteinen Körnchen von granulösem Quarzit und solche von Kiesel-schiefer vor, die eine manchen Zementen sehr ähnliche Struktur zeigen), wird die zu untersuchende Stelle des Objekts genau in die Mitte des Gesichtsfeldes eingestellt und nunmehr das Objektiv 5 der Reihe nach durch die Nummern 7, 9, bzw. durch ein Immersionssystem ersetzt, so daß man also zunächst mit 300facher, alsdann mit 550- und erforderlichen Falls mit 800facher Vergrößerung arbeitet, und zwar jedesmal sowohl unter Anwendung des gewöhnlichen, wie des polarisierten Lichts. Mit Rücksicht auf den mehrmaligen Austausch der Objektive ist eine genaue Zentrierung des Mikroskops erforderlich.

Typ. IV. Dicht gedrängte, größere Körnchen von polygenem Gesteinsstaub mit mehr oder weniger reichlichen Quarzmikrolithen in einer spärlichen, ungleichmäßig blaugrau polarisierenden Grundmasse. Fig. 197. Qualität: I—III, je nach dem Silifizierungsgrade.

Typ. V. Längliche, mehr oder weniger gebogene Mikrolithe, dicht aneinander gewachsen, blaugrau polarisierend, auch im gewöhnlichen Licht deutlich abgegrenzt. Fig. 198. Qualität: II—III.

Typ. VI. Im gewöhnlichen Licht scheinbar homogene Substanz, die im polarisierten Licht eine verschwommene, rundliche Körnung mit ungleichmäßiger Interferenzfarbe zeigt. Qualität: III—IV.

Typ. VII. Wurmformige Mikrolithe in einer amorphen, ungleichmäßig blaugrau polarisierenden Grundmasse. Fig. 199. Qualität: IV.

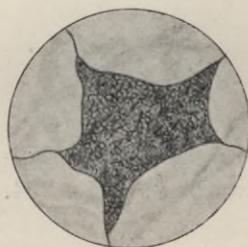


Fig. 197.

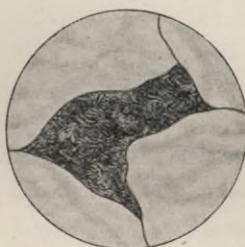


Fig. 198.

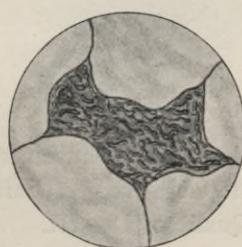


Fig. 199.

Typ. VIII. Rundliche Körnchen von Kaolin (0,002 mm, wasserhell, nicht polarisierend) in einer amorphen, ungleichmäßig blaugrau polarisierenden Grundmasse. Fig. 200. Qualität: V—VI.

Analyse: 42,60% SiO_2 ; 38,39% Al_2O_3 ; 0,67% Fe_2O_3 ; 2,73% $(\text{K}_2\text{Na}_2)\text{O}$; 15,61% H_2O .

Typ. IX. Dicht gedrängte, rundliche Körnchen von Kaolin in einer scheinbar amorphen, im polarisierten Licht körnig erscheinenden Grundmasse von ungleichmäßiger blaugrauer bis gelber Interferenzfarbe. Fig. 201. Qualität: II—III.

Typ. X. Mehr oder weniger reichliche Quarzmikrolithe (nadelartig) und rundliche Kaolinkörnchen in einer amorphen, im polarisierten Licht körnig abgegrenzt erscheinenden Grundmasse von ungleichmäßig blaugrauer bis gelblicher Interferenzfarbe. Fig. 202. Qualität: I—III, je nach dem durch die Menge der Quarzmikrolithe bestimmten Silifizierungsgrade.

Typ. XI. Reichliche Quarzmikrolithe, fluidal angeordnet, in einer aus unregelmäßig begrenzten, länglichen Lamellen bestehenden, blau-

grau bis gelb polarisierenden Grundmasse. Fig. 203. Qualität: I—II, je nach dem Silifizierungsgrade.

Analyse: 43,11% SiO_2 ; 43,45% Al_2O_3 ; 3,07% Fe_2O_3 ; 1,15% $(\text{CaMg})\text{O}$; 3,46% $(\text{K}_2\text{Na}_2)\text{O}$; 5,76% H_2O .

Typ. XII. In einer ungleichmäßig graublau polarisierenden Grundmasse mit spärlichen Quarzmikrolithen sind parallel- bis zentrisch-strahlige, spießig auslaufende, meist auf den Quarzkörnern aufsitzende Kristalloide von lebhaft gelber Interferenzfarbe eingewachsen. Fig. 204. Qualität: II—III.

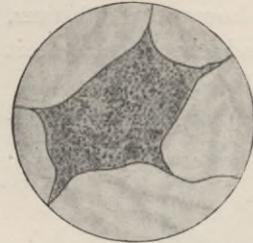


Fig. 200.

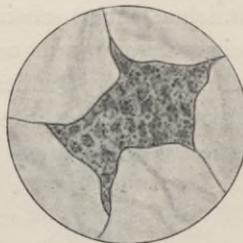


Fig. 201.

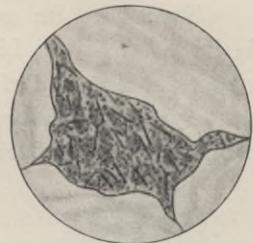


Fig. 202.

Analyse: 34,15% SiO_2 ; 29,56% Al_2O_3 ; 12,35% Fe_2O_3 ; 3,18% MgO ; 9,73% $(\text{K}_2\text{Na}_2)\text{O}$; 11,04% H_2O .

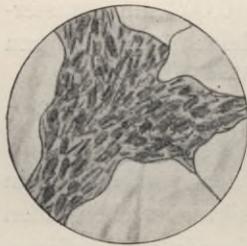


Fig. 203.

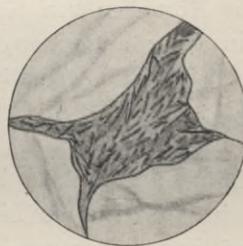


Fig. 204.

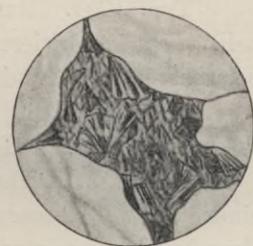


Fig. 205.

Typ. XIII. Garbenförmig bis parallelfaserig aggregierte, gelb polarisierende Hauptmasse mit sehr reichlichen, fluidal angeordneten Quarzmikrolithen. Fig. 205. Qualität: I—II, je nach dem Silifizierungsgrade.

Typ. XIV. Kalkspatzement aus mehr oder weniger gleichmäßigen, zahnförmig verschränkten Körnchen bestehend. Mannigfache Interferenzfarbe. Fig. 206. Qualität: I—II, je nach der Dichtigkeit der Kornbindung.

Ein gutes Zement von kristallinischem Kalk muß selbst bei 800-facher Vergrößerung ein fugenloses Zusammenschließen der Kalkspatkörnchen an der Bindungsfläche erkennen lassen¹⁾.

Typ. XV. Kalkzement, bestehend aus einzelnen Kalkspatkörnchen in einer vorherrschend kryptokristallinen Grundmasse, welche bei schwacher Aggregatpolarisation nur eine unvollkommene Körnung erkennen läßt (s. Teil VIII, Mikrostruktur der dichten Kalksteine). Fig. 207. Qualität: III—IV.

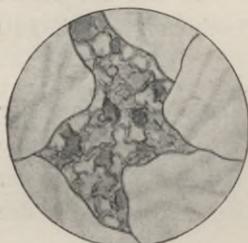


Fig. 206.

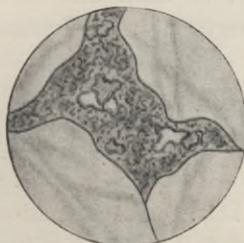


Fig. 207.

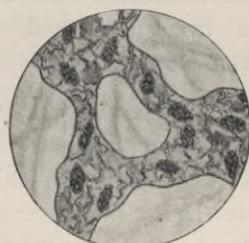


Fig. 208.

Typ. XVIa, b. Glaukonitisches Kalkzement. In einer Grundmasse von kristallinischem bis kryptokristallinischem Kalk sind mehr oder weniger reichlich rundliche Körnchen von Glaukonit eingelagert, oder es ist die feinkörnige Glaukonitmasse von Kalkspat durchsetzt. Fig. 208. Qualität: I—IV, je nach der mehr oder weniger vollkommen kristallinen Beschaffenheit des Kalkes (s. Typ. XIII und XIV).

Analyse: 14,89% SiO_2 ; 14,97% Al_2O_3 ; 9,75% Fe_2O_3 ; 30,17% CaO ; 0,78% MgO ; 4,51% $(\text{K}_2\text{Na}_2)\text{O}$; 21,16% CO_2 ; 3,82% H_2O .

512. Die vorstehende Zusammenstellung enthält die wichtigsten Typen der härteren Sandsteinzemente. Die weicheren, tonigen und erdigkalkigen Bindemittel sind hierbei nicht berücksichtigt, weil sie bei Herstellung des Schliffes, bzw. beim Reinigen desselben mehr oder weniger vollkommen ausgewaschen werden. Die letztgenannte Manipulation läßt sich aber nicht umgehen, weil das zum Schleifen verwendete Smirgelpulver sich in die weicheren Bindemittelsubstanzen eindrückt und dieselben vollständig undurchsichtig macht. Zemente, welche trotz sorgfältiger Behandlung des nach Abs. 509 mit venetianischem Terpentin gehärteten Schliffes ausbröckeln, sind dadurch hinreichend als minder-

¹⁾ Wohl zu beachten ist hierbei, daß, selbst bei vollkommener Verwachsung der rundlichen Kalkspatkörnchen, außerhalb der Bindungsfläche eine schmale Grenzkerbe entsteht.

wertig gekennzeichnet, so daß zu ihrer Qualitätsbestimmung die mikroskopische Untersuchung entbehrlich ist. Die letztere leistet aber vortreffliche Dienste, um die härteren Zemente, die durch Wasser keine starke Erweichung erfahren, nach ihrer Struktur, ihrer substanziellen Beschaffenheit, wie insbesondere nach ihrem Silifizierungsgrade zu bestimmen.

513. Will man sich ohne Ausführung der Festigkeitsprüfung näherungsweise über die Kohärenz und Erweichungsfähigkeit einer Bindemittelsubstanz unterrichten, so kann dies durch die Prüfung der Härte in trockenem und wassergesättigtem Zustande geschehen (s. S. 140 Abs. 253)¹⁾.

Einen indirekten Anhalt hierfür liefert auch die Feststellung der Oberflächenbeschaffenheit der Quarzkörner mittels der Lupe. Zeigen die Körnchen einen reichlichen Ansatz von authigener Kieselsäure in Form von Kristallfacetten oder körnigen Aggregationen, so wird man in der Regel annehmen dürfen, daß die Kieselinfiltration, durch welche diese Erscheinung hervorgerufen wurde, auch der Bindemittelsubstanz zugute gekommen ist und eine reichliche Silifizierung derselben bewirkt hat. Solche, durch authigene Quarzmasse überrindeten bzw. mit Kieselfacetten versehenen Quarzkörner der Sandsteine sollen, wie bereits an anderer Stelle bemerkt wurde, als pleromorph ausgebildete Körner bezeichnet werden.

514. Die in Abs. 511 aufgeführten Bindemitteltypen können zu mehreren in demselben Gestein vorkommen, und zwar entweder getrennt voneinander in verschiedenen Poren oder aber miteinander verwachsen, wie dies nicht selten bei den tonig-kalkigen Zementen der Fall ist.

Ein derartig getrenntes Auftreten mehrerer Bindemitteltypen in derselben Gesteinsschicht kommt meistens nur für das Porenzement in Frage; das Kontaktzement ist in der Regel von gleichartiger Beschaffenheit. Letzteres kann entweder identisch mit einem der Porenzemente oder gänzlich verschieden davon sein, ein Umstand, der bei Beurteilung der betreffenden Gesteine zu berücksichtigen ist.

¹⁾ Die Festigkeit der Sandstein-Bindemittel wird durch den Silifizierungsgrad derselben bzw. durch den Gehalt an authigenen zeolithischen Substanzen bedingt, seltener durch kristallinischen Kalk. In den beiden erstgenannten Fällen gewährt daher der Härtegrad auch einen Maßstab für die Festigkeit der Bindemittelsubstanz.

C. Die Kornbindungsfestigkeit und ihre Verminderung durch Wassereinwirkung.

515. Die Kornbindungsfestigkeit der Sandsteine, d. h. der Festigkeitsgrad, mit welchem ihre körnigen Bestandteile aneinander haften, wird durch Reduktion der Zugfestigkeit (s. Kap. 66 u. f.) auf die Summe der Bindungsflächen innerhalb der Zerreißungsfläche bestimmt, unter Berücksichtigung der in Kap. 12 S. 183—192 dargelegten besonderen Verhältnisse sedimentärer Gesteine.

Es mag hier nochmals darauf hingewiesen werden, daß wegen der Schwierigkeit einer exakten Ausmessung der Bindungsflächen die Kornbindungsfestigkeit zwar nur näherungsweise festgestellt werden kann, daß diese Bestimmung aber für die Beurteilung der Sandsteine als hinreichend zu erachten ist, da selbst namhafte Unterschiede der Bindungsintensität die Wetterbeständigkeit des Materials im allgemeinen nur in geringem Maße beeinflussen (s. Abs. 299 S. 191).

Zur Reduktion der Zugfestigkeit auf die Summe der Kornbindungsflächen innerhalb der Zerreißungsfläche kann man sich entweder der in Abs. 294 S. 186 beschriebenen Ausmessungsmethode, oder aber der in Abs. 295—296 S. 187 u. f. dargelegten Berechnungsweise bedienen.

Die Ausmessung kommt nur für solche Sandsteine in Betracht, welche sehr geringe Bindungsflächen aufweisen, bei denen also geringfügige Differenzen in der Bestimmung der letzteren von erheblichem Einfluß auf das Reduktionsresultat sein können.

In allen anderen Fällen genügt die Berechnung unter Zugrundelegung des Porosittskoeffizienten¹⁾ nach der Tabelle Abs. 296 S. 189.

Beispiel: Es sei der Porositätskoeffizient P , d. h. der Rauminhalt der Poren ausgedrückt in Prozenten des Gewichtsvolumens = 15, so ergibt sich nach der Tabelle S. 189 die Summe der Kornbindungsflächen $f = 44,07$ auf 100 Maßeinheiten der Zerreißungsfläche. Ist ferner die Zugfestigkeit $\zeta = 56$ kg qcm, so berechnet sich die Kornbindungsfestigkeit ζ_r aus der Formel

$$\begin{aligned}\zeta_r &= \frac{\zeta \cdot 100}{f} \\ &= \frac{56 \cdot 100}{44,07} = 127,07 \text{ kg qcm.}\end{aligned}$$

516. Soll zur Vereinfachung einer vorliegenden Gesteinsprüfung von der Zugfestigkeitsbestimmung Abstand genommen und die Kornbindungsintensität aus der Druckfestigkeit abgeleitet werden, so be-

¹⁾ über die Bestimmung des Porositätskoeffizienten s. Abs. 200 S. 109.

stimmt man nach den in Abs. 141 S. 79 angegebenen Proportionalitätsziffern aus der Druckfestigkeit die zugehörige Zugfestigkeit und berechnet hieraus, sowie aus dem Porositätskoeffizienten, nach der Tabelle Abs. 296 S. 189, den annähernden Wert der Kornbindungsfestigkeit.

Für sehr feste Sandsteine erscheint diese Vereinfachung der Prüfungsmethode durchaus unbedenklich, und ebenso wird man auf eine exaktere Bestimmung der fraglichen Eigenschaft bei solchen Sandsteinen verzichten können, welche schon nach ihren sonstigen Verhältnissen (starke Wassererweichung, hoher Sättigungskoeffizient usw.) in die Klasse der wetterunbeständigen Gesteine zu verweisen sind.

Handelt es sich jedoch um Sandsteine von mittlerer Festigkeit und im übrigen von günstigen Eigenschaften, so wird es sich empfehlen, die Zugfestigkeitsprüfung als Grundlage für die Bestimmung der Kornbindungsintensität namentlich dann zu verwenden, wenn eine genaue Klassifikation des betreffenden Gesteins in Frage kommt.

517. Zur Bestimmung der **Erweichungsfähigkeit** des Bindemittels werden die formatisierten Probestücke 3, 10 resp. 30 Tage lang unter Wasser gelegt und in gleicher Weise wie die trockenen Proben, auf ihre Zugfestigkeit untersucht. Der Erweichungskoeffizient (η_1 , η_2 bzw. η_3) wird durch die Formel bestimmt

$$\eta_{1-3} = \frac{\zeta_w}{\zeta_t},$$

in welcher ζ_w die Zugfestigkeit des Gesteins in wassererweichtem, ζ_t diejenige in trockenem Zustande bedeutet (Näheres s. Kap. 13 S. 192).

518. Die sachgemäße Beurteilung des aus der Festigkeitsprüfung abgeleiteten Erweichungskoeffizienten erfordert eine sorgfältige Berücksichtigung der Strukturverhältnisse des zu untersuchenden Sandsteins, und es sind hier namentlich folgende Fälle zu unterscheiden:

- a) Die Kornbindung ist eine unmittelbare, d. h. die Quarzkörnchen werden durch ein quarzitisches Kontaktzement verbunden, während das Porenzement eine differente Beschaffenheit aufweist. Da in diesem Falle eine Festigkeitseinbuße des Kontaktzements ausgeschlossen ist, so wird die Erweichung des Gesteins lediglich durch die Porenfüllung bedingt. Sandsteine dieser Kategorie können aber ein stark erweichbares Porenzement besitzen und dennoch bei fester kieseliger Kornbindung zu den wetterbeständigsten Gesteinen gehören, deren Oberfläche allenfalls im Laufe der Zeit durch Auswaschung der Porenfüllung eine etwas poröse Beschaffenheit erlangt.
- b) Die Kornbindung wird durch ein stark silifiziertes, differentes Kontaktzement und durch ein wenig silifiziertes bis rein toniges Porenzement bewirkt. Hier stellt der Erweichungs-

koeffizient einen Durchschnittswert für die beiden ungleich erweichbaren Zemente dar, und da es an einer exakten Methode fehlt, um das Verhalten jedes einzelnen derselben gegen die Einwirkung des Wassers zu bestimmen, so wird man sich in solchem Falle mit einer Abschätzung der Einzelwerte begnügen müssen. Zur Unterstützung dient hierbei die Härteprüfung des Kontakt- und Porenzements mittels der Stahlnadel unter Zuhilfenahme der Lupe (s. Abs. 253 S. 140), überdies aber die Bestimmung der Mikrostruktur der betreffenden Substanzen nach der in Abs. 511 S. 411 gegebenen Typen-Übersicht.

- c) Der Sandstein besitzt ein sog. Basalzement, d. h. die isolierten Quarzkörnchen liegen in einer zusammenhängenden, gleichartigen Bindemittelmasse. In diesem Falle wird die Wirkung des Wassers auf das Bindemittel durch den Erweichungskoeffizienten unmittelbar zum Ausdruck gebracht.

519. Nach den Ergebnissen zahlreicher Untersuchungen lassen sich die Bindemittelsubstanzen der Sandsteine gemäß den aus der Zugfestigkeitsprüfung abgeleiteten Erweichungskoeffizienten η_3 folgendermaßen klassifizieren:

| Erweichungs-koeffizient | Qualitätsklasse des Bindemittels | Erweichungs-koeffizient | Qualitätsklasse des Bindemittels |
|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 0,9 | IA | 0,6 | II—III |
| 0,85 | IB | 0,55 | III |
| 0,8 | IC | 0,5 | III—IV |
| 0,75 | I | 0,45 | IV |
| 0,7 | I—II | 0,4 | V |
| 0,65 | II | 0,3 | VI |

D. Bestimmung der Porositätsverhältnisse.

Porositäts-, Sättigungs- und Verteilungskoeffizient.

520. Zur Feststellung der Porositätsverhältnisse der Sandsteine sind folgende Untersuchungen auszuführen:

- a) Bestimmung der absoluten Porosität aus dem Raumgewicht und dem spez. Gewicht.
Ausführung s. Abs. 198 u. 199 S. 107, sowie Abs. 201 S. 109.
- b) Bestimmung der Wasseraufsaugung bei schnellem und langsamem Eintauchen der Probe.
Ausführung s. Abs. 204—205 S. 111 u. f.
- c) Bestimmung der Wasseraufsaugung im Vakuum und unter hohem Druck.
Ausführung s. Abs. 206—207 S. 113 u. f.
- d) Bestimmung der Wasserverteilung in geschichteten Sandsteinen.
Ausführung s. Abs. 209 S. 118.

521. Aus diesen Untersuchungen sind nachstehende Porositätskonstanten abzuleiten:

1. Der absolute Porositätskoeffizient P_1 , d. h. der Porenhalt des Gesteins ausgedrückt in Volumprozenten des Gesteinsgewichts:

$$P_1 = \frac{(\gamma - \delta) 100}{\gamma},$$

wobei γ das spezifische Gewicht des gepulverten Gesteins bedeutet, δ das Raumgewicht der Kubikeinheit des Gesteins einschließlich seiner Poren.

2. Der relative Porositätskoeffizient P , d. h. die maximale Wasseraufnahme bei Anwendung von hohem Druck, ausgedrückt in Volumprozenten des Gesteinsgewichts:

$$P = \frac{(g_w - g_t) 100}{g_w - s},$$

wobei g_w das Gewicht des unter hohem Druck (150 Atm.) mit Wasser gesättigten Gesteins bedeutet, g_t das Gewicht der trockenen Gesteinsprobe, s das Gewicht der wassergesättigten Probe in Wasser.

3. Der Sättigungskoeffizient S , d. h. das Verhältnis des Volumens der vom Gestein unter gewöhnlichem Druck aufgenommenen Wassermenge zu dem Gesamtvolumen der dem Wasser von außen zugänglichen Poren:

$$S = \frac{w_2}{w_c},$$

wobei w_c das unter hohem Druck aufgenommene Wasserquantum bedeutet, w_2 die bei langsamem Eintauchen der Probe lediglich durch Kapillarwirkung aufgenommene Wassermenge (s. Abs. 205—207 S. 112 u. f.).

4. Der Verteilungskoeffizient V , d. h. das Verhältnis der Wasseraufsaugung in Richtung parallel und rechtwinklig zur Schichtung des Gesteins, ausgedrückt durch:

$$V = \frac{w_2 >}{w_2 <},$$

wobei $w_2 >$ die Wasseraufsaugung in Richtung der Schichtung bedeutet, $w_2 <$ diejenige in Richtung rechtwinklig zur Schichtung, und zwar bei langsamem Eintauchen der nach Abs. 209 S. 118 vorgerichteten Proben.

522. Mit zunehmender Porosität der Sandsteine steigt im allgemeinen auch ihre Wasseraufsaugungsfähigkeit. Je reichlicher aber das Gestein vom Wasser durchtränkt werden kann, desto rascher wird gegebenenfalls die Erweichung des Bindemittels, seine chemische Veränderung, wie seine Ausschläm- mung vor sich gehen, und desto intensiver wird auch die Frostwirkung, falls eine solche für das betreffende Gestein in Frage kommt, zur Geltung gelangen.

Unter Umständen kann jedoch das Maß der Wasserdurchtränkung, welche die Gesteine im Bauverbände durch die meteorischen Niederschläge erfahren, mit steigender Porosität sich vermindern. So werden z. B. grobporige oder kaver- nöse Sandsteine, wegen der geringen Kapillarwirkung ihres Gefüges, in verti- kalen Mauerflächen nur eine verhältnismäßig geringe Wassermenge aufnehmen,

die überdies einer schnellen Verdunstung unterliegt, während dieselben Gesteine in vorstehenden Architekturteilen und zumal bei ihrer Verwendung im Wasserbau eine vollkommene Durchtränkung erfahren können. Andererseits werden feinporige Sandsteine, auch in vertikalen Mauerflächen, sehr reichlich und bis zu beträchtlicher Tiefe Wasser aufzusaugen vermögen, das somit der Verdunstung längere Zeit widerstehen wird. Hieraus erklärt es sich, daß dichte Sandsteine, auch bei ihrer Verwendung im aufsteigenden Mauerwerk, weit häufiger der Frostwirkung erliegen, als grobporige oder kavernöse Gesteine.

Des weiteren ist das Maß der Wasseraufsaugung aber abhängig von der Verbindung der feineren Poren bzw. Kapillaren untereinander. Nur wenn dieser Zusammenhang ein vollkommener ist, wird das aufgenommene Wasser in die Tiefe des Gesteins einzudringen vermögen, während andernfalls lediglich die Außenschicht eine Wasserdurchtränkung erfährt. Wie in Abs. 323 S. 210 ausgeführt worden ist, kennzeichnet sich der Zusammenhang der Poren durch den größeren Unterschied der Wasseraufnahme bei schnellem und langsamem Eintauchen der Probe. Auch vermag der Sättigungskoeffizient einen Maßstab hierfür abzugeben, da nur bei vollkommener Verbindung der Poren eine reichliche Wasserfüllung derselben stattfinden kann.

Demnach erlangen die Methoden zur Bestimmung der Wasseraufsaugung unter veränderten äußeren Bedingungen für die Untersuchung der Sandsteinstruktur eine besondere Bedeutung.

Die ausgeführten Prüfungen ergaben folgende Grenzwerte für die verschiedenen Arten der Sandsteine:

| | |
|----------------------------------------------|----------------|
| a) Relativer Porositätskoeffizient | 6,77 bis 25,38 |
| b) Wasseraufnahme (in Gew.-% des Gesteins): | |
| bei schnellem Eintauchen der Probe | 1,69 „ 7,76 % |
| bei langsamem Eintauchen der Probe | 1,92 „ 7,81 % |
| im Vakuum | 2,25 „ 12,58 % |
| bei 150 Atm. Druck | 3,68 „ 12,85 % |
| c) Sättigungskoeffizient <i>S</i> | 0,49 „ 0,95 |
| d) Verteilungskoeffizient <i>V</i> | 1,01 „ 2,00 |

E. Färbungsversuche zur Ermittlung der allgemeinen Strukturverhältnisse.

523. Nachdem das Gestein auf seine mikroskopische Beschaffenheit, insbesondere auf seine Gemengteile, Textur und Struktur, wie auf die substanziellen und strukturellen Eigenschaften des Bindemittels untersucht worden ist, kommt es darauf an, seine allgemeinen, im größeren Maßstabe ausgebildeten Strukturverhältnisse festzustellen. Dies geschieht durch die in Kap. 11 S. 172 u. f. näher erläuterte Methode der Gesteinsfärbung, die zugleich auch über die Beschaffenheit des Bindemittels weitere wertvolle Aufschlüsse liefert.

Die Probestücke werden mit dem Hammer und Meißel hergerichtet und erhalten eine parallelepipedische Form in der Abmessung von etwa $7 \times 5 \times 4$ cm. Als Färbungsmittel dient eine konzentrierte Lösung von Nigrosin in absolutem

Alkohol. Die bei 40° C. getrockneten Proben werden 48 Stunden in die Farblösung gelegt und nach oberflächlichem Abtrocknen mit dem Hammer zerschlagen, um das Eindringen der Farblösung zu beobachten. Alles Nähere s. aus der Beschreibung a. a. O.

Die Gesteinsfärbung ermöglicht die Feststellung folgender Verhältnisse:

1. Die gleichmäßige oder ungleichmäßige Ausbildung der Textur und Struktur der Sandsteine, und zwar:

- a) hinsichtlich des Mengenverhältnisses zwischen körnigen Bestandteilen und Bindemittel,
- b) betreffs der Dichtigkeit und der substantziellen Beschaffenheit des Bindemittels,

Verhältnisse, welche erkennbar sind an der gleichmäßigen bzw. ungleichmäßigen Durchfärbung des Gesteins (s. Fig. 95, 97—100 und Fig. 102, 107—109 S. 177—179).

2. Geringfügige, sonst nicht wahrnehmbare Ausbildung einer Schichtung und der mehr oder weniger lockere Zusammenhang der einzelnen Parallellagen bei deutlich geschichteten Sandsteinen, erkennbar an den mehr oder minder starken Färbungsstreifen in der Schichtungsrichtung (s. Fig. 86—88, 90, 93, 94, 96 und 98, sowie Fig. 102, 104 und 105 ebendasselbst).

3. Ungleiche Dichtigkeit der einzelnen Schichten, erkennbar an ihrer verschieden starken Durchfärbung (s. Fig. 112).

4. Das Vorhandensein von Spaltrissen und Absonderungsflächen, durch Farbaufsaugung hervortretend (s. Fig. 101).

Um festzustellen, ob die beobachteten Spaltrisse beim Schlagen der Proben entstanden sind oder ursprünglich im Gestein vorhanden waren, werden neben den mit dem Hammer hergestellten Proben auch solche mit der Diamantsäge geschnittene dem Färbungsversuch zu unterziehen sein.

5. Die mehr oder weniger pulverulente Beschaffenheit des Bindemittels bzw. dessen stärkere oder schwächere Durchwachsung mit einer dichten authigenen Substanz (Quarz, zeolithische Bildungen, Kalkspat usw.), erkennbar an der mehr oder weniger starken Farbstoffabsorption (s. Fig. 95, 100 und 108).

Anmerkung. Von besonderem Interesse ist die Bindemittelfärbung bei solchen Sandsteinen, welche neben einem differentiellen Kontaktzement auch ein derartiges Porenzement besitzen. In solchen Fällen ist es fraglich, ob die Wassererweichung des Gesteins bzw. die Abschlammbarkeit des Bindemittels lediglich der Beschaffenheit der Porenfüllung oder auch der des Kontaktzements zuzuschreiben ist. Die Entscheidung hierüber stützt sich auf die Struktur beider Zemente, wie sie durch die mikroskopische Untersuchung und Härteprüfung

erkannt werden kann. Auch der Färbungsversuch vermag hierfür einen Beitrag zu liefern. Je stärker das Bindemittel in Wasser erweichbar und je größer sein Abschlämmungsprodukt ist, desto intensiver wird es wegen seiner pulverulenten Beschaffenheit von der Farblösung imbibiert werden.

Zeigt das Kontaktzement keine erhebliche Durchfärbung, während das Porenzement reichlich Farbstoff aufgenommen hat, so darf man annehmen, daß sowohl die Wassererweichung, als auch die Abschlämmung im wesentlichen der Beschaffenheit des letztgenannten Zements zuzuschreiben ist. Bei Ausführung dieser Untersuchungen bedient man sich einer scharfen Lupe.

F. Die Frostprüfung.

1. Theoretische Bestimmung des Frostbeständigkeitsgrades.

524. Die in Kap. 19 S. 294 näher erläuterten Arten der Poren-, Spalt- und Schichtfrostwirkung können auch an den verschiedenen Sandsteinarten auftreten.

Die Porenfrostwirkung hat im allgemeinen zur Voraussetzung, daß die Gesteinsporen nahezu vollständig von dem kapillar eindringenden Wasser gefüllt werden, der Sättigungskoeffizient also höher als 0,8 ist (s. Kap. 14 S. 200).

Aber auch bei niedrigerem Sättigungskoeffizienten kann eine derartige Frostwirkung auftreten, wenn das Gestein ein in Wasser stark erweichbares Bindemittel enthält (s. Abs. 423 S. 296). Als unterer Grenzwert des Erweichungskoeffizienten η_s für frostbeständige Sandsteine dieser Art hat sich aus den bisherigen Versuchen die Zahl 0,70 ergeben.

Die Spaltfrostwirkung kann eintreten, wenn das Gestein von Rissen oder Druckspalten durchzogen ist, und zwar auch dann, wenn der Sättigungskoeffizient den kritischen Wert von 0,8 nicht erreicht. Bedingung ist jedoch, daß das Gestein sehr dicht ist, also nur einen geringen Porositätskoeffizienten besitzt, weil andernfalls das in die Spalte eindringende Wasser alsbald von den benachbarten Partien aufgesogen wird. Da die Sandsteine meistens in beträchtlichem Grade porös sind, so kommt die Spaltfrostwirkung bei dieser Gesteinsart verhältnismäßig selten vor. Eine Ausnahme bilden die Kieselsandsteine in stark gefalteten oder von Verwerfungen durchsetzten Gebirgen. Feinere Risse werden am sichersten durch die Färbungsprobe (s. Kap. 11 S. 172 u. f.) festgestellt.

Die Schichtfrostwirkung wird durch eine sehr vollkommene Parallelstruktur des Gesteins bedingt, die überdies aber von der Art sein muß, daß zwischen den einzelnen Schichten ein beträchtlich loserer Kornzusammenhang besteht als innerhalb derselben. Zur Erkennung

derartiger Strukturverhältnisse dient die Feststellung des Verteilungskoeffizienten (s. S. 118) sowie die Färbungsprobe.

525. Zur theoretischen Bestimmung des Frostwiderstandsgrades der Sandsteine sind folgende Untersuchungen und Berechnungen auszuführen:

1. Die Feststellung der Wasseraufsaugung unter verschiedenen äußeren Bedingungen, wie dies in Abs. 204—207 S. 111 u. f. angegeben ist, und die aus diesen Versuchen abzuleitende Berechnung des Porositätskoeffizienten P (s. S. 109), wie des Sättigungskoeffizienten S (s. S. 204).
2. Die Bestimmung des Erweichungskoeffizienten durch Feststellung der Zug- bzw. Druckfestigkeit des Gesteins in trockenem Zustande und nach längerer Wasserlagerung (s. S. 193).
3. Die Bestimmung der Verteilung des aufgenommenen Wassers in geschichteten Sandsteinen und Berechnung des Verteilungskoeffizienten V (s. S. 118). Diese Bestimmung ist jedoch nur an deutlich geschichteten Sandsteinen erforderlich.
4. Die Färbungsprobe zur Erkennung von Rissen und Druckspalten im Gestein sowie einer versteckten Parallelstruktur und des mehr oder weniger lockeren Zusammenhanges der Schichten (s. S. 172).

2. Experimentelle Frostprüfung.

526. Die Prüfung geschieht in der üblichen Weise durch Bestimmung der Festigkeit des wassergesättigten Gesteins vor und nach 25-maligem Gefrieren desselben, sowie durch Feststellung etwaiger augenscheinlicher Defekte, wie Absanden und Zerspringen des Probekörpers.

Während bei abgekürztem Verfahren die Druckfestigkeitsbestimmung zur Anwendung gelangt, empfiehlt sich für eine exaktere Untersuchung die Einführung der Zugfestigkeitsprüfung. Die Probekörper werden für deutlich geschichtete Sandsteine in zweierlei Art hergestellt, mit ihrer Längsrichtung parallel zur Schichtung und rechtwinklig dazu. Soll nur eine dieser beiden Arten von Proben für die Prüfung in Betracht gezogen werden, so ist die letztgenannte zu wählen, damit die Einwirkung des Frostes auf das Gestein in Richtung der minimalen Festigkeit, d. i. diejenige rechtwinklig zur Schichtung bestimmt werden kann.

Für eine vollständige Ausführung der Frostprüfung nach den in Abs. 344 S. 246 dargelegten Gesichtspunkten sind 6 Gruppen von je 5 bis 10 Probekörpern (je nach der Gleichmäßigkeit des Materials) der Festigkeitsprüfung zu unterwerfen, und zwar:

- Gruppe 1: nach 3stündiger Wasserlagerung;
 „ 2: nach 3stündiger Wasserlagerung und 25 maliger, je 3stündiger Frosteinwirkung. Das Auftauen nach jedesmaligem Gefrieren geschieht in dem Abs. 331 S. 227 beschriebenen Apparat;
 „ 3: nach 3tägiger Wasserlagerung;
 „ 4: nach 3tägiger Wasserlagerung und 25 maliger, je 3stündiger Frosteinwirkung. Das Auftauen nach jedesmaligem Gefrieren geschieht durch 2stündige Lagerung in Wasser von 25° C.;
 „ 5: nach 30tägiger Wasserlagerung;
 „ 6: nach 30tägiger Wasserlagerung und 25 maliger, je 3stündiger Frosteinwirkung. Das Auftauen nach jedesmaligem Gefrieren geschieht durch 2stündige Lagerung in Wasser von 25° C.

Das Ergebnis der Wasserlagerung zu 1 und 2 entspricht näherungsweise der maximalen Wasseraufnahme des Gesteins im aufsteigenden Mauerwerk; dasjenige zu 3 und 4 der Durchtränkung des Gesteins in Sockel- und Futtermauern bei feuchtem Erdreich; dasjenige zu 5 und 6 der Wassersättigung des Gesteins in Wasserbauten.

Der aus den Versuchen 5 und 6 zu bestimmende Frostbeständigkeitskoeffizient F_1 ergibt sich aus der Formel:

$$F_1 = \frac{\zeta_f}{\zeta_w},$$

in welcher ζ_w die Zugfestigkeit des nassen Gesteins, ζ_f die des gefrorenen und wieder aufgetauten Gesteins in nassem Zustande bedeutet. Mit F_2 soll der aus den Versuchen 3 und 4, mit F_3 der aus den Versuchen 1 und 2 in gleicher Weise berechnete Koeffizient bezeichnet werden.

527. Für die Auswahl des Materials zur Anfertigung der Probekörper ist die in Abs. 110 S. 57 gegebene Anleitung zu beachten. Liefern die verschiedenen Proben bei den gleichartigen Prüfungen erheblich abweichende Resultate, so sind aus den näher übereinstimmenden Werten besondere Gruppen zu bilden, und es wird alsdann der Wert für den Frostbeständigkeitskoeffizienten F aus den korrespondierenden Gruppen der beiden Versuchsreihen berechnet.

528. Die der Frostprüfung unterworfenen Gesteine können folgende Erscheinungen darbieten:

1. Die Probekörper zerspringen oder zeigen unregelmäßig verlaufende Risse. Tritt eine derartige Wirkung schon an den unvollkommen wassergesättigten Proben auf, so ist dieselbe auf das Vorhandensein von Rissen im Gestein (Spaltfrostwirkung) zurückzuführen.

2. Die Probekörper zeigen Ablösungen in der Schichtungsrichtung oder eine namhafte Festigkeitsverminderung rechtwinklig zu derselben (Schichtfrostwirkung).
3. Es findet ein Absanden an der Oberfläche statt, ohne daß die Zugfestigkeitsprüfung eine beträchtliche Verminderung der Kohärenz ergibt. Diese Erscheinung kann an dichten, tonigen Sandsteinen dann auftreten, wenn nur an der Oberfläche die Poren vollkommen mit Wasser gesättigt oder das Bindemittel vollkommen erweicht ist.
4. Die Probekörper erleiden eine mehr oder weniger beträchtliche Einbuße ihrer Zugfestigkeit, ohne daß Risse oder Schichtspalten bemerkbar sind (Porenfrostwirkung).
- 5) Die Probekörper erleiden, selbst nach 30tägiger Wasserlagerung und 25 maligem Gefrieren keine Einbuße ihrer Festigkeit.

529. Ist die Festigkeitsverminderung, welche Sandsteine nach 30tägiger Wasserlagerung durch Einwirkung des Frostes erfahren, so gering, daß der Frostbeständigkeitskoeffizient nicht erheblich unter 0,9 hinabgeht, so dürfen solche Gesteine bei ihrer Verwendung zu Hochbauten immer noch als vollkommen frostbeständig betrachtet werden, zumal wenn dieselben bei unvollkommener Wasser-sättigung eine Festigkeitseinbuße nicht erleiden.

Für frostbeständige Sandsteine wurden folgende Werte für F erhalten:

| Fundort | Frostbeständigkeitskoeffizient, bestimmt nach 30 maligem Gefrieren der Probekörper, bei vorher- gegangener | | |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | 30 tägiger Wasserlagerung | 3 tägiger Wasserlagerung | 3 stündiger Wasserlagerung |
| | F_1 | F_2 | F_3 |
| Grasberg | 1,012 ¹⁾ | 1,014 | 1,03 ¹⁾ |
| Ottweiler | 1,003 | 1,00 | 1,00 |
| Alvensleben | 1,001 | 1,00 | 1,02 |
| Goldberg | 0,995 | 0,998 | 1,02 |
| Aschaffenburg | 0,993 | 0,996 | 1,00 |
| Bürgstadt | 0,993 | 1,00 | 1,01 |
| Albendorf | 0,989 | 1,00 | 1,00 |
| Westhofen | 0,983 | 1,00 | 1,03 |
| Bevergern | 0,965 | 0,989 | 0,99 |
| Huckberg | 0,965 | 1,00 | 1,00 |
| Solling | 0,963 | 0,979 | 0,99 |
| Soest | 0,949 | 1,00 | 1,00 |
| Dörenberg | 0,905 | 0,986 | 0,98 |
| Wünschelburg | 0,870 | 0,92 | 0,96 |

¹⁾ Die Überschreitung des Maximalwertes von 1,0 für den Frostbeständigkeitskoeffizienten ist auf Ungleichheit des Probematerials zurückzuführen.

Weniger frostbeständige Gesteine lieferten folgende Resultate:

| Fundort | Frostbeständigkeitskoeffizient, bestimmt nach 30maligem Gefrieren der Probekörper, bei vorher- gegangener | | |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | 30 tägiger Wasserlagerung | 3 tägiger Wasserlagerung | 3 stündiger Wasserlagerung |
| | F_1 | F_2 | F_3 |
| Cotta | 0,875 | 0,89 | 0,90 |
| Balhorn | 0,713 | 0,78 | 0,84 |
| Olvenstedt | 0,671 | 0,71 | 0,80 |

Über die aus den Ergebnissen der experimentellen Frostprüfung abzuleitenden allgemeinen Schlüsse s. Abs. 344 S. 246.

G. Die chemische Untersuchung der Sandsteine.

a) Bedeutung der chemischen Analyse für die Wetterbeständigkeitsprüfung.

530. Da der körnige Gemengteil der Sandsteine, abgesehen von etwaigen akzessorischen Beimengungen, aus reinem Quarz besteht, einem Mineral, das den chemischen Einwirkungen der Atmosphärrilien selbst in geologischen Zeiträumen auf das vollkommenste zu widerstehen vermag, so wird die Verwitterbarkeit der Sandsteine, insoweit dabei lediglich chemische Vorgänge in Betracht kommen, wesentlich von der Zusammensetzung ihres Bindemittels abhängig sein.

Besteht dasselbe, wie in den meisten Fällen, aus einem Aggregat von mikrogranulösen Substanzen (Ton, erdigem Kalk, klastischem Gesteinsstaub, erdigem Rot- und Brauneisen), so wird seine Festigkeit, wie seine Widerstandsfähigkeit gegen die erweichende Wirkung des Wassers bzw. gegen die chemischen Agentien der Atmosphärrilien ausschließlich bedingt durch das mehr oder weniger reichliche Auftreten authigener Durchwachungs- oder Infiltrationssubstanzen, unter denen die Kieselsäure die Hauptrolle spielt. Der Silifizierungsgrad des Bindemittels ist daher für die meisten Sandsteine, welche keine unmittelbare, d. h. quarzige Kornbindung besitzen, als das wichtigste Kriterium ihrer Wetterbeständigkeit zu betrachten. Aber gerade bei Bestimmung dieser Eigenschaft versagt die chemische Untersuchungsmethode vollständig, da sie die den verschiedenen Bestandteilen des Gesteins angehörigen Kieselsäuremengen nicht zu trennen vermag.

Nach ihrer strukturellen Bedeutung haben wir aber in den Sandsteinen folgende kieselhaltigen Gemengteile zu unterscheiden:

1. körnigen Quarz;
2. staubförmigen Quarz in gewissen Bindemitteln;
3. den das Bindemittel als Infiltrationsprodukt durchdringenden Quarz;
4. die Silikate des Bindemittels (Kaolin, Glaukonit, zeolithische Substanzen), sowie die als akzessorische, körnige Bestandteile auftretenden Silikate (Feldspat, Glimmer, Glaukonit usw.);
5. amorphe Kieselsäure als Infiltrationsprodukt.

Die zu 1., 2. und 3. gehörigen Mengen der Kieselsäure sind es, welche nicht gesondert bestimmt werden können, und diesem Umstande ist vorzugsweise die Unzulänglichkeit der chemischen Untersuchung für die Wetterbeständigkeitsprüfung der Sandsteine zuzuschreiben.

Selbst die Trennung der zu 4. und 5. gehörigen Kieselsäure ist nicht in aller Schärfe durchzuführen; doch fällt hierbei die Ungenauigkeit der Methode für die technische Gesteinsuntersuchung nicht erheblich ins Gewicht.

531. Hiernach lassen sich durch die chemische Analyse folgende Eigenschaften der Sandsteine ermitteln:

1. das näherungsweise Mengenverhältnis des Bindemittels und des körnigen Quarzes;
2. die chemische Zusammensetzung des Bindemittels, exkl. des staubförmig beigemengten und des als Infiltrationsprodukt vorhandenen Quarzes;
3. der Gehalt an amorpher Kieselsäure;
4. der Gehalt an solchen akzessorischen Gemengteilen, welche nicht mit dem Bindemittel von gleichartigem chemischen Charakter sind (Eisenkies, kohlige Beimengungen usw.);
5. der Gehalt an in Wasser löslichen Zersetzungsprodukten, wie solche bereits im Bruchgestein vorhanden sein können, z. B. Sulfatbildungen durch Zersetzung von Eisenkies.

In den allermeisten Fällen wird man sich jedoch darauf beschränken dürfen, den Gehalt von Kalzium- und Magnesium-Karbonat, an Eisenkies und an in Wasser löslichen Bestandteilen festzustellen und den summarischen Gehalt an Zwischenmasse durch mikroskopische Ausmessung zu bestimmen. (Näheres s. Kap. 10 S. 163 u. f.; insbes. Abs. 282 S. 170.)

Die quantitative Untersuchung auf Kalzium- und Magnesiumkarbonat geschieht am einfachsten durch Auskochen mit Ammoniumnitrat, das beide Karbonate in lösliche Nitrate verwandelt, während das gebildete Ammoniumkarbonat sich beim Kochen zersetzt und entweicht.

1—2 g der möglichst fein gepulverten und bei 100° C getrockneten Substanz werden mit 20 ccm konzentrierter Ammoniumnitratlösung eine halbe Stunde lang gekocht. Scheidet sich durch Verdampfung des Wassers etwas Salz aus, so setzt man ein wenig heißes Wasser hinzu. Hierauf läßt man absetzen, filtriert die überstehende Lösung unter wiederholtem Erwärmen durch einen Heißwassertrichter und wäscht den Rückstand schließlich nochmals mit einer etwas verdünnten, heißeren Lösung von Ammoniumnitrat aus.

Der Kalk wird mit Ammoniumoxalat ausgefällt und in dem Filtrat die Magnesia durch Natriumphosphat unter reichlichem Zusatz von Ammoniak bestimmt.

Über die Untersuchung auf Eisensulfid bzw. Schwefelsäure s. Abs. 532, 9 S. 430.

Soll in besonderen Fällen eine vollständige chemische Untersuchung des Sandsteins zur Ausführung gelangen, so verfährt man nach der folgenden Anleitung.

b) Gang der Sandstein-Analyse.

532. 1. Pulvern und Trocknen der Proben.

Von verschiedenen Stellen der Gesteinsstücke werden zusammen etwa 30 g entnommen, grob zerkleinert und gut durchgemischt. Hiervon werden 3 g in der Achatreischale staubfein gepulvert und eine Stunde im Luftbad auf 100° C erhitzt.

2. Aufschluß des Bindemittels.

Es kann dies in zweifacher Weise geschehen, entweder durch langes Kochen mit konzentrierter Schwefelsäure oder durch Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure unter Druck.

a) Zersetzung durch konz. Schwefelsäure. Etwa 3 g der getrockneten Probe werden im Kjeldahl-Kolben mit einer reichlichen Menge konzentrierter Schwefelsäure übergossen. Nach 24stündiger Einwirkung der Säure bei Zimmertemperatur wird auf dem Sandbade 10 Stunden lang gekocht, wobei darauf zu sehen ist, daß die Säure sich beständig in starkem Sieden befindet. Man benutzt hierzu zweckmäßig den nebenstehend abgebildeten Apparat (Fig. 209). Der Inhalt jedes einzelnen Kolbens wird alsdann in eine Platinschale gespült und eingedampft; der Rückstand mit verdünnter Salzsäure übergossen und bei aufgelegtem Uhrglas $\frac{1}{2}$ Stunde lang gekocht. Hierdurch wird das durch die Einwirkung der konz. Schwefelsäure gebildete schwerlösliche wasserfreie Aluminium- bzw. Eisensulfat in die leichtlösliche Verbindung übergeführt.

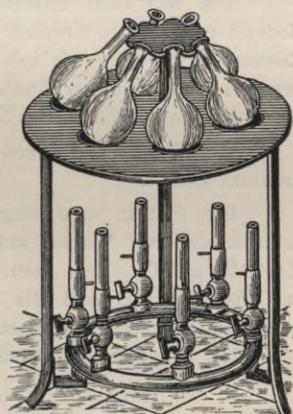


Fig. 209.

b) Zersetzung durch verdünnte Schwefelsäure unter Druck ¹⁾. Etwa 3 g des getrockneten Gesteinspulvers werden mit 2 Teilen Schwefelsäure und 1 Teil Wasser in einer langen, beiderseits zugeschmolzenen Glasröhre 2—3 Stunden lang im Luftbade auf 250° C erhitzt. Man verwendet hierzu einen Ofen, wie er für die organische Elementaranalyse in Gebrauch ist. Das Verfahren erfordert einige Vorsicht, um ein Zerspringen der Röhre zu verhüten, liefert aber in verhältnismäßig kurzer Zeit einen vollkommenen Aufschluß der Bindemittelsubstanzen.

3. Behandlung des unzersetzten Rückstandes.

Der abfiltrierte und auf dem Filter mit warmem Wasser wiederholt ausgewaschene Rückstand wird mit dem Filter in eine Platinschale gebracht. Zur Lösung der bei der Aufschließung abgeschiedenen Kieselsäure des Bindemittels werden 10 g kristallisierte Soda zugefügt und mit 150 ccm Wasser 5 bis 10 Minuten gekocht. Die Kochdauer richtet sich nach dem unschwer abzuschätzenden Gehalt an tonigem Bindemittel. Man filtriert die siedend heiße alkalische Flüssigkeit mitsamt den in ihr suspendierten Filterresten sofort ab. Der Rückstand wird gut ausgewaschen, indem man von Zeit zu Zeit verdünnte Salzsäure auf das Filter gibt. Die Waschwässer gehen zuerst trübe durch, klären sich aber bei wiederholter Filtration durch den Zusatz von Salzsäure. Das vollkommen ausgewaschene Filter wird noch feucht im Platintiegel verascht, der Rückstand geglüht und gewogen (Quarz und unzersetzte Silikate).

Das alkalische Filtrat wird mit Salzsäure übersättigt und die Flüssigkeit auf dem Wasserbade zur Staubtrockne eingedampft, worauf man die Kieselsäure in der üblichen Weise bestimmt (gebundene Kieselsäure).

4. Analyse der bei der Zersetzung in Lösung gegangenen Bestandteile.

Die von dem unzersetzten Rückstand abfiltrierte saure Flüssigkeit wird siedend mit einigen Tropfen konzentrierter Salpetersäure oxydiert und demnächst Eisenoxyd und Tonerde mit Ammoniak gefällt. Die Oxyde werden geglüht und gewogen, dann in verdünnter Schwefelsäure gelöst und das Eisen nach der Reduktion durch metallisches Zink mittels Kaliumpermanganatlösung titriert.

Im Filtrat von Eisen und Tonerde wird der Kalk mit oxalsaurem Ammonium gefällt.

Das Filtrat wird eingedampft, der Rückstand nach dem Vertreiben der Ammonsalze mit Wasser aufgenommen und die Magnesia mit Barytwasser als $Mg(OH)_2$ gefällt. Aus dem Filtrat werden die Baryumsalze mittels Ammoniumkarbonat entfernt und die Alkalien als Chloride bestimmt. Kali und Natron brauchen hier bei den auszuführenden Analysen nicht getrennt werden; man kann den Alkaligehalt summarisch auf K_2SO_4 berechnen.

5. Modifikation von 2. bei Anwesenheit von Kalziumkarbonat.

Sind erheblichere Mengen von Kalziumkarbonat zugegen, so wird die aufzuschließende Probe zuerst mit verdünnter Salzsäure auf dem Wasserbade erwärmt,

¹⁾ Hazard, Zur quantitativen Bestimmung des Quarzes in Gesteinen und Bodenarten. Zeitschr. f. analyt. Chemie 1884, Bd. II, S. 159.

dann filtriert und der Rückstand weiter, wie unter 2. angegeben, mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt.

6. Kohlensäurebestimmung.

Dieselbe wird mittels eines der gebräuchlichen Apparate in üblicher Weise ausgeführt.

7. Glühverlust.

3 g der feingepulverten Probe werden eine Stunde im Platintiegel geglüht und die Gewichtsabnahme festgestellt (Wasser, organische Substanz, Kohlensäure, Schwefel). Bei größerem Eisenkiesgehalt bedient man sich hierzu eines Porzellantieglers.

8. Wasserauszug.

20 g der Durchschnittsprobe werden im Kolben eine Stunde mit 150 ccm Wasser auf dem Sandbade gekocht. Das Abfiltrieren ist, besonders bei stark tonigem Bindemittel, häufig schwer ausführbar, und es muß in manchen Fällen darauf verzichtet werden, das Filtrat ganz klar zu erhalten.

Nach dem Verdampfen desselben setzen sich aber die in feinsten Verteilung in der opalisierenden Flüssigkeit suspendiert gewesenen Tonteilchen am Boden der Schale fest, so daß man beim Aufnehmen des Rückstandes mit Wasser eine klar filtrierbare Lösung erhält. Der Rückstand ist bei 80° C zu trocknen.

9. Sulfat- und Sulfidbestimmung.

In den mit Wasser nach 8. ausgezogenen Salzen wird die Schwefelsäure in der üblichen Weise mit Chlorbaryum bestimmt.

Die mit Wasser ausgezogene Probe wird zur Oxydation von event. vorhandenem Pyrit mit konz. Salpetersäure auf dem Sandbade erhitzt. Die abfiltrierte salpetersaure Lösung wird unter Zusatz von Salzsäure eingedampft, der Rückstand mit Salzsäure und Wasser aufgenommen, die Lösung stark verdünnt und die durch Oxydation der Sulfide entstandene Schwefelsäure mit Chlorbaryum gefällt.

Zur genaueren Bestimmung des Eisenkiesgehalts empfiehlt es sich, eine besondere Durchschnittsprobe von etwa 20 g in der vorstehend angegebenen Weise auf Schwefel zu untersuchen.

Kapitel 34.

Die systematische Ausführung der Prüfung.

533. Die Beschreibung des Gesteins, die jedem Prüfungszeugnis beigegeben werden sollte, um die Identifizierung des untersuchten Materials bei seiner praktischen Verwendung zu ermöglichen, hat folgende Eigenschaften zu berücksichtigen, soweit sich dieselben nach ihrer äußeren Erscheinungsweise, ev. mit Hilfe der Lupe, feststellen lassen:

1. Farbe, 2. Färbungsmittel, 3. Größe und Gleichmäßigkeitsgrad der Körnung, 4. Akzessorische Gemengteile und deren Beschaffenheit, 5. Morphologische Ausbildung der Quarzkörner, ob dieselben glatt abgerundet oder pleromorph ausgebildet, d. h. mit Kristallfacetten versehen sind, 6. Art der Kornbindung, 7. Beschaffenheit des Porenzements, 8. Porositätsgrad und Porenausbildung, 9. Grad der etwaigen Schichtung bzw. Schieferung.

534. Für die eigentliche **Prüfung** kommt die Bestimmung folgender Gesteinseigenschaften in Betracht:

1. die Druck- bzw. Zugfestigkeit;
2. die Kornbindungsfestigkeit;
3. die Abnutzungshärte (bei Straßenbaumaterialien);
4. das Raumgewicht;
5. der Porositätsgrad und die Wasseraufnahme;
 - a) Absolute Porosität, b) Relative Porosität, c) Sättigungskoeffizient, d) Verteilungskoeffizient, bei geschichteten Sandsteinen;
6. die Erweichungsfähigkeit in Wasser;
7. die Mikrostruktur;
 - a) Art der Kornbindung, b) Bindungsmaß und Bindungszahl bzw. Kontinuitätsgrad der Flächenbindung, c) Mineralogische Beschaffenheit des Kontakt- und Porenzements, d) Schichtungstypus, e) Durchmesser der Quarzkörner und Anzahl derselben auf 1 qcm;
8. Das Verhalten gegen Farblösungen, behufs Erkennung versteckter Schichtfugen, Risse und Druckspalten;
9. der Gehalt an körnigem Quarz und an Zwischenmasse;
10. die Frostbeständigkeit;
11. der Gehalt an etwaigen, für die Gesteinsbeschaffenheit ungünstigen chemischen Bestandteilen;
12. der Wetterbeständigkeitsgrad nach Maßgabe des Gesamtergebnisses der Prüfung¹⁾.

¹⁾ Handelt es sich nicht um eine Spezialuntersuchung des Gesteins auf seinen Wetterbeständigkeitsgrad, sondern nur um eine allgemeine Beurteilung der Gesteinsqualität, dann kann die Untersuchung in den meisten Fällen wesentlich vereinfacht werden.

Zeigt das Gestein eine feste, kieselige Kornbindung, so sind folgende Bestimmungen entbehrlich: die Erweichbarkeit in Wasser, das Mengenverhältnis des Porenzements zur körnigen Bestandmasse, sowie das Verhalten gegen Farblösungen, falls Schichtfugen, Risse und Druckspalten ausgeschlossen erscheinen oder ohne weiteres erkennbar sind.

Erweist sich das Gestein als frostunbeständig oder zeigt es bei mangel-

535. Anweisung zur Ausführung der einzelnen Prüfungen.

1. Die Druck- bzw. Zugfestigkeit gelangt nach Kap. 6 S. 53 u. f. zur Ausführung.
2. Die Kornbindungsfestigkeit wird aus der Zugfestigkeit und dem Porositätskoeffizienten nach Kap. 12 S. 181 u. f. berechnet.

Für näherungsweise Bestimmungen kann hierzu auch das Ergebnis der Druckfestigkeitsprüfung verwendet werden (s. Abs. 299 S. 192).

3. Die Abnutzungshärte, welche lediglich für Straßenbaumaterialien in Betracht kommt, wird nach Kap. 7 B S. 89 u. f. bestimmt.
4. Das Raumgewicht. Zur Feststellung desselben dienen die in Kap. 8 S. 107 u. f. angegebenen Methoden.
5. Der Porositätsgrad und die Wasseraufnahme. Die Bestimmung geschieht nach Abs. 200—207 S. 109 u. f.
6. Die Erweichungsfähigkeit in Wasser wird durch den Quotienten: Druck- oder Zugfestigkeit des trockenen Gesteins und die Festigkeit des wassergelagerten Gesteins nach Abs. 302 S. 193 bestimmt.
7. Die Mikrostruktur.

a) Art der Kornbindung. Die drei Haupttypen sind: Kornbindung durch ein rein kieseliges Zement, durch ein differentes, d. h. von den Quarzkörnern substanziell verschiedenes, quantitativ untergeordnetes Zement und durch ein differentes, vorherrschendes sog. Basalzement, in welchem die Quarzkörnchen einzeln oder in isolierten, dünneren Gruppen eingeschlossen sind. Die Bestimmung dieser Typen geschieht mittels des Mikroskops in Dünnschliffen nach Abs. 490 S. 364 u. f.

b) Bindungsmaß und Bindungszahl bzw. Kontinuitätsgrad der Flächenbindung. Als Maß für die Kornbindungsintensität dienen die in der Schliffebene nach Abs. 507 S. 407 bestimmbaren Bindungselemente (Kontaktlinien und Aggregationszahl der Körner).

hafter Kornbindung eine starke Wassererweichung, so kann dasselbe ohne weiteres als wetterunbeständig bezeichnet werden.

Eine vollständige Ausführung der Prüfung ist dagegen bei Gesteinen mittleren Qualitätsgrades erforderlich, d. h. bei solchen mit unvollkommener kieseliger Kornbindung, bzw. mit differentem Kontakt- oder Basalzement.

c) Mineralogische Beschaffenheit des Kontakt- und Porenzements. Es kommen hierbei folgende Untersuchungsmethoden in Betracht:

1. die mikroskopische Untersuchung, welche festzustellen gestattet, ob das Bindemittel aus reinem Quarz, Opal, Kalkspat, oder aus einem pulverulenten Gemenge (Kaolin, Eisenoxyd, Eisenocker, polygen-klastischem Gesteinsstaub, Glaukonit usw.) mit mehr oder weniger reichlicher Beimengung authigener Substanzen bezw. mit schwacher oder starker Durchwachsung von Quarz, Opal, Kalkspat, Glaukonit usw. besteht (s. Abs. 511 S. 411 u. f.);
2. die Härteprüfung, die sich in den meisten Fällen nur für das Poren- und Basalzement ausführen läßt (s. Abs. 253 S. 140);

Einen weiteren Anhalt für die Beschaffenheit des Bindemittels liefert:

3. die Festigkeitsprüfung des Gesteins in trockenem Zustande und nach längerer Wasserlagerung (Abs. 302, S. 193) behufs Bestimmung des Erweichungskoeffizienten. Derselbe gewährt bei Sandsteinen mit kieseliger Kornbindung einen Maßstab für die Wassereinwirkung auf das Porenzement, bei den anderen Bindungstypen dagegen stellt der Erweichungskoeffizient einen komplexen Wert dar, der sich aus der Erweichungsfähigkeit des Kontakt- und Porenzements zusammensetzt;
4. die Färbungsprobe, welche die pulverulente Beschaffenheit des Bindemittels wie die mehr oder weniger reichliche Durchwachsung desselben mit einer homogenen Substanz (Quarz, Opal, zeolithische Bildungen oder Kalkspat) und den Grad des Schichtenzusammenhangs erkennen läßt (s. Abs. 284 S. 173 u. f.).

d) Schichtungstypus. Die Bestimmung der Schichtungs-
bildung wird an Dünnschliffen unter dem Mikroskop nach Maßgabe der in Abs. 492 S. 369 u. f. gegebenen Typen-
zusammenstellung bewirkt. Für die Untersuchung der
„Zwischenmasse“ kommen dieselben Methoden wie für die
des Kontakt- und Porenzements in Betracht.

e) Durchmesser der Quarzkörner und Anzahl derselben auf 1 qcm. Diese nach S. 167 und S. 145 auszuführende Bestimmung dient nicht zur Qualitätsbewertung, sondern lediglich zur Identifizierung des Gesteins.

8. Die künstliche Durchfärbung des Gesteins, behufs Ergänzung der mikroskopischen Strukturbestimmung, wird nach der in Kap. 11 S. 172 u. f. angegebenen Methode ausgeführt.

9. Der Gehalt an körnigem Quarz und an Zwischenmasse. Die Bestimmung geschieht entweder durch die chemische Analyse nach Abs. 532 S. 428 oder durch mikroskopische Ausmessung mittels des Planimeter-Okulars (S. 167) nach Abs. 282 S. 170.
10. Die Frostbeständigkeit.
 - a) Theoretische Frostprüfung, durch Bestimmung des Sättigungskoeffizienten nach Abs. 327 S. 220;
 - b) Experimentelle Frostprüfung, durch Bestimmung der Festigkeitsverminderung, welche das wassergetränkte Gestein nach wiederholter Frostwirkung erleidet, s. S. 227 u. f.
11. Der Gehalt an ungünstigen chemischen Bestandteilen. Über die Ausführung der chemischen Untersuchung s. Abs. 532 S. 428.
12. Der Wetterbeständigkeitsgrad des Gesteins wird zufolge des Ergebnisses der vorgedachten Untersuchungen nach Maßgabe der in Kap. 35 enthaltenen Bewertungsschematen bestimmt.

Kapitel 35.

Bewertung der Prüfungsergebnisse.

536. Die Grundlage für die Wetterbeständigkeitsprüfung der Sandsteine, wie aller übrigen Gesteine, bildet die mikroskopische Bestimmung ihrer Strukturverhältnisse. Dieselben sind von überaus mannigfacher Ausbildung, und um deshalb eine Vereinfachung der Beschreibung des Strukturbildes zu ermöglichen, sind bestimmte Zeichen für jede Ausbildungsform eingeführt worden, deren Zusammenstellung zugleich eine übersichtliche Formel für die Konstitutionsverhältnisse der einzelnen Gesteine liefert. Für quantitativ unterscheidbare Verhältnisse wurden den Buchstabenzeichen Zahlenindizes hinzugefügt.

A. Zusammenstellung der Strukturelemente und ihrer Signaturen.

537. 1. Art der Kornbindung und Beschaffenheit des Kontaktzements.

a) Die Quarzkörner sind im wesentlichen durch ein rein kieseliges Zement verbunden.

Signatur:

Ausbildung des Kontaktzements:

| | | |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| K_{α} | Quarz, nach den Quarzkörnern kristallogr. orientiert (s. Fig. 144 S. 365). | |
| K_{β} | Quarz, „ „ „ „ | „ nicht orientiert |
| | (s. Fig. 145 S. 366). | |

K_{γ} Mikrogranulöser Quarz.

K_{δ} Amorphe Kieselsäure.

b) Die Quarzkörner sind im wesentlichen durch ein differentes Zement verbunden (Stärke: 0,003 bis 0,02 mm).

Signatur:

Ausbildung des Kontaktzements:

Kd_{x1} Zeolithische Substanz in mikrogranulösen Aggregaten.

Kd_{x2} Desgl. in spießigen Mikrolithen (s. Fig. 204 S. 413).

Kd_{x3} Desgl. in parallelfaserig. Mikrolithen (s. Fig. 205 S. 413).

Kd_{x4} Desgl. in zentrisch-strahligen Mikrolithen
(s. Fig. 205 S. 413).

Kd_2 Mikroklastische bzw. tonige Substanz, sehr stark silifiziert
(s. Fig. 197 S. 412).

Kd_3 Desgl. stark silifiziert.

Kd_4 Desgl. ziemlich stark silifiziert.

Kd_5 Desgl. schwach silifiziert.

Kd_6 Desgl. ohne merkl. Silifizierung.

Ka_{cc} Kristallinisch-kalkig (s. Fig. 206 S. 414).

Kd_{e1} Kryptokristallinisch-kalkig (s. Fig. 207 S. 414).

Kd_{e2} Erdig-kalkig.

Kd_{gk} Glaukonitisch (s. Fig. 208 S. 414).

c) Die Quarzkörner sind durch ein Basalzement verbunden (Stärke: 0,03 mm und darüber).

Signatur:

Ausbildung des Basalzements:

Kb_{x1-gk} Wie unter b) angegeben.

538. 2. Porenausbildung und Beschaffenheit des Porenzements.

Texturporen: p ; Strukturporen: π .¹⁾

Signatur:

$[p]$ $[\pi]$ Gestein ohne Texturporen bzw. ohne Strukturporen, d. h. mit vollkommen lückenlosem Zusammenschluß der Quarzkörner.

p_0 π_0 Gestein mit leeren Textur- bzw. Strukturporen.

Textur- bzw. Strukturporen im wesentlichen gefüllt, und zwar mit folgenden Substanzen:

p_{β} π_{β} grobkristallinischer Quarz.

p_{γ} π_{γ} mikrogranulöser Quarz.

p_{δ} π_{δ} amorphe Kieselsäure.

p_{x1} π_{x1} zeolithische Substanz in mikrogranulösen Aggregaten.

p_{x2} π_{x2} desgl. in spießigen Mikrolithen (s. Fig. 204 S. 413).

p_{x3} π_{x3} desgl. in parallelfaserigen Mikrolithen (s. Fig. 205 S. 413).

¹⁾ Texturporen sind die intergranularen Hohlräume, welche durch den regelmäßigen und annähernd gleichzähligen Zusammenschluß der Quarzkörner entstehen; Strukturporen dagegen die ungleichmäßig verteilten, meist größeren Hohlräume, welche durch eine stellenweise verminderte Zahl der Kornbindungen hervorgerufen werden.

Signatur:

| | | | | | |
|----------|------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---|---|
| p_{x4} | π_{x4} | desgl. | in zentrisch-strahligen Mikrolithen (Fig. 205 S. 413). | | |
| p_2 | π_2 | mikroklastische bezw. tonige, | sehr stark silifizierte Substanz | | |
| p_3 | π_3 | desgl. | stark | „ | „ |
| p_4 | π_4 | desgl. | ziemlich stark | „ | „ |
| p_5 | π_5 | desgl. | schwach | „ | „ |
| p_6 | π_6 | desgl. | nicht merklich | „ | „ |
| p_{cc} | π_{cc} | kristallinischer Kalk (s. Fig. 206 S. 414). | | | |
| p_{c1} | π_{c1} | kryptokristallinischer Kalk (s. Fig. 207 S. 414). | | | |
| p_{c2} | π_{c2} | erdiger Kalk. | | | |
| p_{gk} | π_{gk} | Glaukonit. | | | |
| p_{ka} | π_{ka} | Kaolin, pulverförmig. | | | |
| p_e | π_e | Eisenoxyd, „ | | | |
| p_{oc} | π_{oc} | Eisenocker, „ | | | |
| p_{lg} | π_{lg} | lose Glaukonitkörner. | | | |

539.

3. Maß der Kornbindung.

Signatur:

| | |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B_z | Bindungszahl, d. h. die durchschnittliche Anzahl der Quarzkörner, welche mit jedem einzelnen Korn in der Schliffebene unmittelbar verbunden erscheinen; |
| B_m | Bindungsmaß, d. h. der durchschnittliche Bruchteil des Kornumfanges, welcher mit den angrenzenden Körnern in der Schliffebene verbunden erscheint. |

Anmerkung: Sind die Kontaktflächen bei unmittelbarer Kornbindung diskontinuierlich ausgebildet, so wird dies durch den Buchstaben d bezeichnet, das Maß der Diskontinuität durch einen Index rechts und die relative Menge der Quarzkörner mit diskontinuierlichen Kontaktflächen durch einen Index links von d.

Es bedeutet hierbei: 1 d in geringer Menge, 2 d in beträchtlicher Menge, 3 d in sehr beträchtlicher Menge, 4 d fast ausschließlich diskontinuierlich; d_1 schwach, d_2 ziemlich stark, d_3 stark diskontinuierlich ausgebildet.

540.

4. Pleromorphe Ausbildung der Quarzkörner.

Der Grad der pleromorphen Ausbildung der Quarzkörner, d. h. die mehr oder weniger vollkommene Bildung von Kristallfacetten an denselben, welche in der Regel auch als ein Maßstab für die Silifizierung des Bindemittels gelten darf, wird wie folgt bezeichnet:

Signatur:

| | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|
| k_{x1} | Sehr vollkommen pleromorph (fast zu vollkommenen Kristallen ergänzt). |
| k_{x2} | Ziemlich vollkommen pleromorph. |
| k_{x3} | In beträchtlichem Maße pleromorph. |
| k_{x4} | Schwach pleromorph. |
| k_{x5} | In Spuren pleromorph. |
| k_{x6} | Ohne Andeutung pleromorpher Ausbildung. |

541.

5. Nebenbestandteile.

Signatur:

| | |
|----|----------------------|
| f | Feldspat. |
| q | Kieselschiefer. |
| si | Kiesel-Konkretionen. |
| ts | Tonschiefer. |
| t | Tonige Substanz. |
| ka | Kaolin. |
| gl | Glimmer. |
| gk | Glaukonit. |

Signatur:

| | |
|----------------|-------------------------|
| ks | Eisenkies. |
| es | Eisenspat. |
| ok | Eisenocker. |
| o | Eisenoxyd |
| cc | Kalkspat. |
| c ₁ | Kalk, kryptokristallin. |
| c ₂ | Kalk, erdig. |
| ko | Kohlige Substanzen. |

Die Menge der Nebenbestandteile wird durch eine Ziffer vor dem betr. Zeichen, der Grad der Zersetzung durch eine solche hinter dem Zeichen ausgedrückt. Es bedeutet:

| Signatur: | Quantität: | Signatur: | Zersetzungsgrad: |
|-----------|---------------------|-----------|--------------------------|
| 1 | Sehr spärlich. | 1 | Frisch. |
| 2 | Spärlich. | 2 | Wenig zersetzt. |
| 3 | Ziemlich reichlich. | 3 | Ziemlich stark zersetzt. |
| 4 | Reichlich. | 4 | Stark zersetzt. |
| 5 | Sehr reichlich. | 5 | Sehr stark zersetzt. |

Beispiel: 3f₄: Ziemlich reichlich, stark zersetzter Feldspat.

Signatur:

Form der Einlagerung:

| | |
|----|----------------------------------------------------------|
| i | Infiltration. |
| e | Einsprengung. |
| s | Schichtige Einlagerung. |
| us | Unregelmäßig schichtige Einlagerung bzw. in „Schmitzen“. |
| a | Aderförmige Einlagerung. |

Beispiel für die Bezeichnung:

2a [cc: Spärliche aderförmige Einlagerung von Kalkspat.

4e [ks₃: Reichliche Einsprengung von ziemlich stark zersetztem Eisenkies.

542.

6. Ausbildung der Schichtung.

Signatur:

| | |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SmI—XV | Über die verschiedene Ausbildung und die Bezeichnung der Schichtungstypen s. Abs. 492 S. 369 u. f. |
| Bi _{1—x} | Größe der „Bindungsintervalle“, gemessen durch die Anzahl der ausfallenden Körner 1—x. |
| Z _{β—δ} | „Zwischenmasse“, d. h. die in manchen dünngeschichteten Sandsteinen zwischen den Kornlagen auftretenden Binde- |
| Z _{x1—4} | mittelschichten (s. Fig. 160—165 S. 370), deren substanzielle |
| Z _{2—6} | Beschaffenheit mit der der Porenzemente in Abs. 538 in |
| usw. | der Regel übereinstimmt, und die deshalb auch in gleicher Weise, wie dort angegeben, durch Indizes bezeichnet wird. |

Grad der Schichtungs Ausbildung:

| | |
|-----------------|------------------------------------------------|
| sm ₀ | Ohne wahrnehmbare Schichtung. |
| sm ₁ | Unvollkommen geschichtet. |
| sm ₂ | Ziemlich vollkommen geschichtet. |
| sm ₃ | Sehr vollkommen geschichtet. |
| sm ₄ | Sehr vollkommen dünn-schichtig bis schiefrieg. |

543.

7. Typenformeln.

Bei Bildung der Typenformel aus den Signaturen der Strukturelemente wird der Schichtungstypus (s. Abs. 542) vorangestellt; es folgt hierauf die Signatur der Kornbindung (s. Abs. 537) und daran anschließend die der Textur- und Strukturporen (s. Abs. 538). So ist z. B. für ein Gestein mit dem Schichtungstypus $SmII Z_2$, der Kornbindung Kd_2 , gefüllten Texturporen p_3 und leeren Strukturporen π_0 die Typenformel: $SmII Z_2 Kd_2 p_3 \pi_0$.

Die übrigen Strukturelemente werden in die Formel nicht aufgenommen.

Bildet das Gestein eine Vereinigung mehrerer Typen, so werden die betreffenden Zeichen unter einander gestellt und durch einen horizontalen Strich getrennt, z. B. $\frac{K}{Kd_2}$; das Zeichen des untergeordnet auftretenden Typus wird eingeklammert, und ein vorgesetzter Index gibt an, in welchem Verhältnis

beide Strukturformen neben einander auftreten, z. B. $\frac{K}{\frac{1}{4}(Kd_2)}$.

Zeigen einzelne Lagen eines geschichteten Gesteins verschiedene Struktur, so werden die betreffenden Zeichen durch einen horizontalen Doppelstrich getrennt, z. B. $\frac{Kd_3}{\frac{1}{10}(Kb_4)}$.

B. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.

544. Im Nachfolgenden sind die wichtigsten Typen der Sandsteinstruktur nach mikrophotographischen Aufnahmen reproduziert, ihre besonderen Verhältnisse, unter Hinzufügung der in dem vorhergehenden Abschnitt gegebenen Signaturen, erläutert und die Qualitätsbestimmung der einzelnen Typen nach den Bewertungsschematen Abschnitt C S. 452 u. f. durchgeführt worden. Die in Klammern beigefügten Nummern beziehen sich auf das betreffende Gestein in der tabellarischen Zusammenstellung der Prüfungsergebnisse, Teil XVIII.

Hinsichtlich der Photogramme ist zu bemerken, daß dieselben zur Erzielung eines möglichst umfangreichen Bildes nur mit schwacher Vergrößerung aufgenommen worden sind, sodaß nicht alle Verhältnisse, welche die Beschreibung anführt, in der Abbildung mit vollkommener Schärfe hervortreten, wie denn überhaupt die unmittelbare mikroskopische Beobachtung durch verschiedene Kunstgriffe, wie Änderung in der Beleuchtung, Wechsel der Vergrößerung für einzelne Stellen des Schliffs, Änderung des Kreuzungswinkels der Nikols und event. Einschaltung farbenempfindlicher Blättchen, eine Auflösung des Objekts erzielen kann, welche die photographische Reproduktion naturgemäß nicht in einem Bilde zu vereinigen vermag.

Im allgemeinen aber geben die Abbildungen eine zutreffende Vorstellung von der Erscheinungsweise der mikroskopischen Struktur-

verhältnisse und werden deshalb, in Verbindung mit den Erläuterungen, für die praktische Ausführung von Strukturprüfungen als Anhalt dienen können.

Welches vorzügliche Hilfsmittel die mikroskopische Untersuchung darbietet, um die Identität zweier Gesteinsmaterialien, wie andererseits die Art ihrer Verschiedenheit zu bestimmen, dürfte aus der Betrachtung dieser Abbildungen ohne weiteres hervorgehen.

In den Erläuterungen ist zwischen der Qualitätsklasse Q des Gesteins und der Qualitätsklasse Q_1 seines Strukturtypus unterschieden worden. Hierbei ist zu beachten, daß die Qualitätsziffer zu Q_1 lediglich die strukturelle Ausbildung des Gesteins bewertet, ohne Rücksicht auf andere Eigenschaften, welche dessen Wetterbeständigkeit event. ungünstig beeinflussen können. Treten solche Eigenschaften auf, so wird die Qualitätsziffer Q höher sein als diejenige für Q_1 . Ist $Q_1 = Q$, so deutet dies darauf hin, daß die Qualität des Gesteins lediglich durch seine Struktur bedingt wird.

Es sei jedoch ausdrücklich bemerkt, daß die angegebenen Qualitätsklassen keineswegs immer für das gesamte örtliche Vorkommen des betreffenden Gesteins maßgebend sind. Fast in jedem Sandsteinbruch finden sich Schichten von verschiedener Beschaffenheit, und es ist durchaus nicht selten, daß die einzelnen Lagen um mehrere Qualitätsklassen differieren. Die bezüglichen Angaben beziehen sich daher lediglich auf das untersuchte Probematerial.

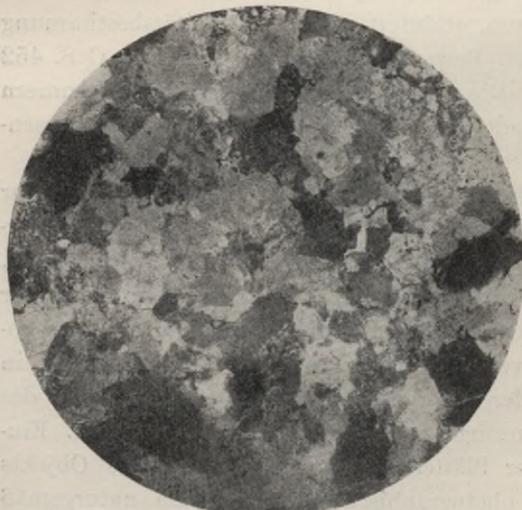


Fig. 210.

Q_1 : Strukturbewertung;
Q: Qualitätsklasse des
Gesteins.

Fig. 210 (Nr. 155)¹⁾.

Kiesel sandstein von
Borbecks Kule (Rheinl.).
Vergr. 20 ×. Aufn. i. pol.
Licht.

Kornbindung durch kri-
stallographisch orientierten
Quarz: K; Bindungszahl:
4—7; Bindungsmaß: 1.
Strukturporen fehlen [p];
ziemlich beträchtliche
Mengen von mikrogranu-
lösen Quarzitkörnchen.

Typ. K[p]. —

Q_1 : 0,25. Q: IA.

¹⁾ Die eingeklammerten Ziffern beziehen sich auf das betreffende Gestein in der tabellarischen Zusammenstellung der Prüfungsergebnisse, Teil XVIII.

Fig. 211. Kieselsandst. v. Biedenkopf (Hessen-Nass.). Vergr. $36\times$. Aufn. i. pol. Licht.
 Kornbindung durch kristallogr. orientierten Quarz: K; Bindungszahl: 4—6; Bindungsmaß: 1. Texturporen fehlen [p].
 Typ. K[p]. — $Q_1: 0,25$. Q: IA.



Fig. 211.

Fig. 212. Kieselsandstein von Ziegenhals-Niclasdorf (Schlesien). Vergr. $36\times$.
 Aufn. i. pol. Licht.

Kornbindung durch kristallogr. nicht orientierten Quarz: K_β ; Texturporen fehlen [p]; Bindungszahl: 6; Bindungsmaß: 1.

Typ. K_β [p]. — $Q_1: 0,5$. Q: IB.



Fig. 212.

- Fig. 213. Sandstein von Kudowa (Schlesien).** Vergr. $17\times$. Aufn. i. pol. Licht.
 Kornbindung durch kristallogr. orientierten Quarz: K; Bindungszahl: 6; Bindungsmaß: 0,8—1,0. Textur- und Strukturporen leer: $p_0\pi_0$. Die in der Abbildung hervortretende scheinbare Porenfüllung rührt vom Schleifmaterial her.
 Typ. $Kp_0\pi_0$. — Q_1 : 0,43. Q: IB.

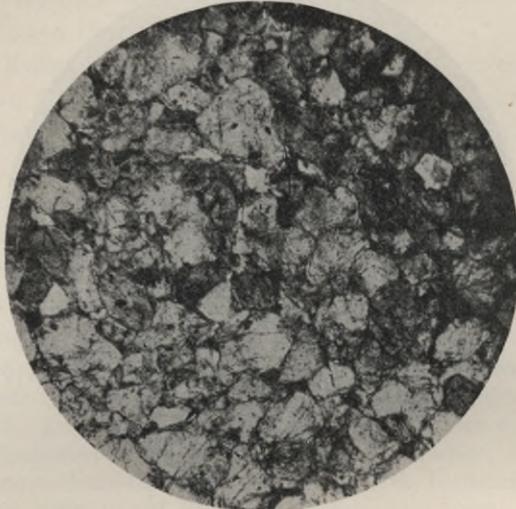


Fig. 213.

- Fig. 214. Sandstein von Elze (Hannover).** Vergr. $35\times$. Aufn. i. pol. Licht.
 Kornbindung durch kristallogr. orientierten Quarz: K; Bindungszahl: 4—6; Bindungsmaß: 0,5—0,8; Schichtungstypus Sm I; Porenzement schwach silifiziert: p_s .
 Typ. Kp_5 . — Q_1 : 0,60. Q: IC—I.

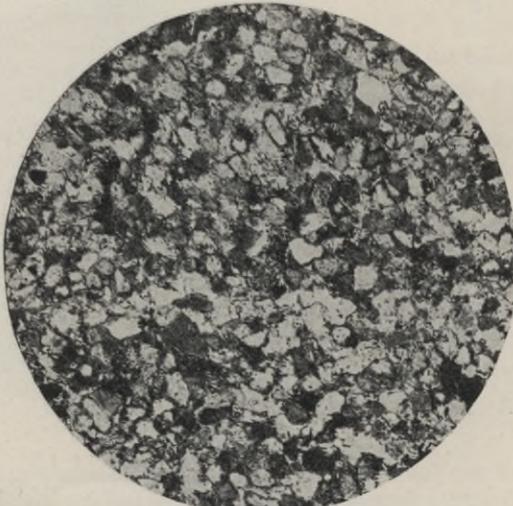


Fig. 214.

Fig. 215. Sandstein von Velpke (Braunschweig). Vergr. $45\times$. Aufn. i. pol. Licht.

Kornbindung durch kristallogr. orientierten Quarz: K; Bindungszahl: 4—7; Bindungsmaß: 1. Texturporen fehlen [p]. Strukturporen teils mit schwach silifiziertem Zement erfüllt, teils leer: $\pi_5; 0$.

Typ. $K[p]\pi_5; 0$. — $Q_1: 1,0$. Q: I.



Fig. 215.

Fig. 216 (Nr. 152). Sandstein von der oberen Ruhr, Kr. Hagen. Vergr. $24\times$. Aufn. i. pol. Licht.

Kornbindung vorherrschend durch kristallogr. orientierten Quarz: K; untergeordnet durch sehr stark silifiziertes Kontaktzement: Kd_2 (0,006 bis 0,011 mm); Bindungszahl: 3—5; Bindungsmaß: 0,40—0,76; Kontaktlinien in untergeordneter Menge ziemlich stark diskontinuierlich: $1d_2$; Texturporen nicht vorhanden: [p]; Strukturporen mit sehr stark silifiziertem Zement erfüllt: π_2 .

Typ. $\frac{K[p]}{1/10(Kd_2)}\pi_2$. — $Q_1: 0,77$. Q: IC.

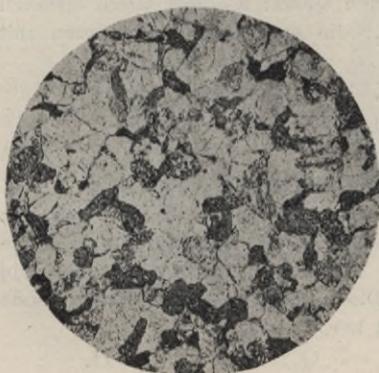


Fig. 216.

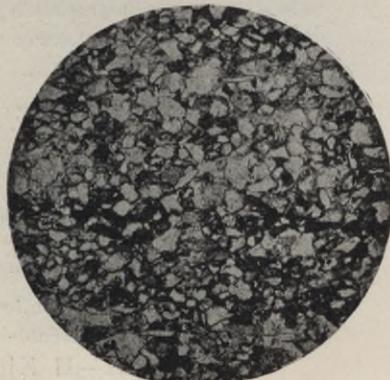


Fig. 217.

Fig. 217 (Nr. 8). Sandstein vom Solling (Hannover). Vergr. 49 ×. Aufn. i. pol. Licht.

Schichtung teils durch parallele Anordnung der Quarzkörner, teils durch kontinuierliche Kornlagen mit kurzen Bildungsintervallen von 1—3 Körnern: Sm I—II; Zwischenmasse stark silifiziert: Z_{1-3} ; Kornbindung durch kristallogr. orientierten Quarz: K, untergeordnet auch durch stark silifiziertes Kontaktzement: Kd_2 (0,004 mm); Bindungszahl: 4—6; Bindungsmaß: 0,63—0,86; Kontaktlinien in beträchtlicher Menge schwach diskontinuierlich: $2d_1$; Texturporen untergeordnet und mit stark silifiziertem Zement erfüllt: p_3 .

$$\text{Typ. Sm I—II } Z_{1-3} \frac{K[p]}{0,1(Kd_2 p_3)} \quad - \quad Q_1: 0,94. \quad Q: \text{IC.}$$

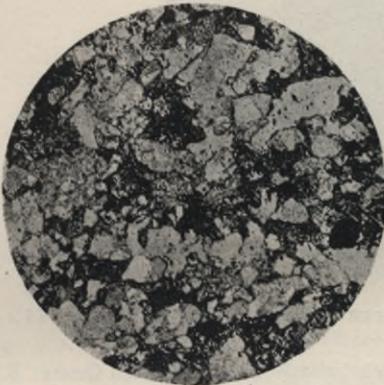


Fig. 218.



Fig. 219.

Fig. 218. Sandstein von unbekannter Herkunft. Vergr. 32 ×.

Schichtung durch parallele Kornlagen, vorherrschend kontinuierlich mit größeren Bindungsintervallen: Sm III, untergeordnet diskontinuierlich mit kurzen Bindungsintervallen: Sm V; Zwischenmasse z. T. mikrogranulöser Quarz: Z_7 , z. T. ziemlich stark silifizierte, tonige Substanz: Z_4 ; Kornbindung teils durch kristallographisch orientierten Quarz: K, teils durch ziemlich stark silifiziertes Kontaktzement: Kd_4 ; die spärlichen Texturporen mit Zement erfüllt: p_4 .

$$\text{Typ. Sm III—V } Z_7; 4 \frac{K}{0,3(Kd_4 p_4)} \quad - \quad Q_1: 1,2.$$

Fig. 219 (Nr. 116). Sandstein von Warthau bei Bunzlau. Vergr. 38 ×.

Kornbindung durch kristallogr. orientierten Quarz: K; Bindungszahl: 4—6; Bindungsmaß: 0,48—0,74; Kontaktlinien in untergeordneter Menge ziemlich stark diskontinuierlich: $1d_2$; Texturporen nicht vorhanden: [p] oder leer: p_0 ; Strukturporen leer: π_0 . Die in der Abbildung hervortretende Porenfüllung rührt vom Schleifmaterial her.

$$\text{Typ. Sm I—II } K[p] p_0 \pi_0. \quad - \quad Q_1: 1,4. \quad Q: \text{I—II.}$$

Fig. 220 (Nr. 103). Sandstein von Löwenberg (Schlesien). Vergr. 47 ×.

Kornbindung durch kristallogr. orientierten Quarz: K; Bindungszahl: 3—5; Bindungsmaß: 0,34—0,71; Textur- und Strukturporen leer: p_0 , π_0 . Die in der Abbildung hervortretende scheinbare Porenfüllung rührt vom Schleifmaterial her.

Typ. $K p_0 \pi_0$. — Q_1 : 1,3. Q: I; I—II.

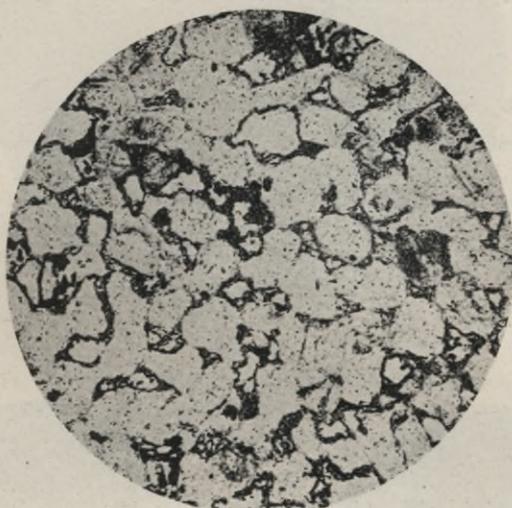


Fig. 220.

Fig. 221 (Nr. 153). Sandstein von Boussier bei Chôdes.

Vergr. 12 ×. Aufn. i. pol. Licht.

Schichtung durch parallele Einlagerung isolierter Körner oder kleinerer Korngruppen in zusammenhängender

Zwischenmasse (Basalzement): Sm VIII. Zwischenmasse z. T. granulöser Quarz, z. T. sehr stark silifiziert: $Z_{\gamma, 2}$. Kornbindung durch kristallogr. orientierten Quarz: K; ohne Texturporen [p].

Typ. Sm VIII $Z_{\gamma, 2}$. K [p].

— Q_1 : 1,4. Q: I—II; II.

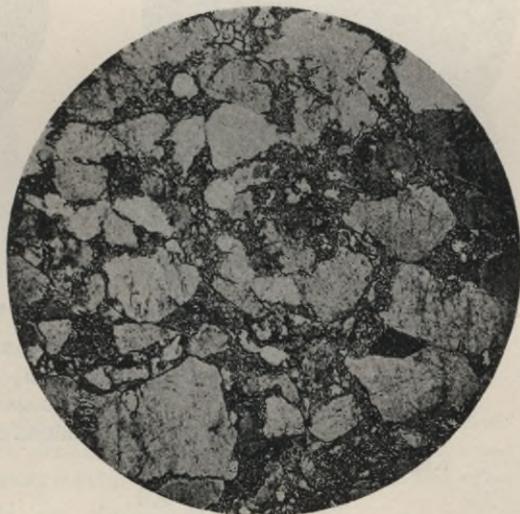


Fig. 221.

Fig. 222 (Nr. 99). Glaukonitsandstein von Lünern (Westfalen). Vergr. 47 ×.

Schichtung durch parallele Lagen von verschiedenartiger Kornbindung: Sm XIII. Lagen mit glaukonitischem Kontaktzement: Kd_{gk} ; Bindungszahl: 3–4 (5); Bindungsmaß: 0,3–0,5, abwechselnd mit Lagen, deren Körner durch glaukonitisches Basalzement verbunden sind: Kb_{gk} (0,017–0,057 mm).

$$\text{Typ. Sm XIII } \frac{Kd}{Kb} gk. \quad - \quad Q_1: 1,7. \quad Q: \text{I—II; II.}$$

Fig. 223 (Nr. 16). Sandstein von Rimbach bei Hellingenstadt. Vergr. 60 ×.

Kornbindung teils durch kristallogr. orientierten Quarz: K; teils durch sehr stark bis ziemlich stark silifiziertes Kontaktzement: $Kd_{2;4}$ (0,007 bis 0,011 mm); Bindungszahl: 1–3; Bindungsmaß: 0,18–0,50; Kontaktlinien vorherrschend ziemlich stark bis sehr stark diskontinuierlich: $3d_{2-3}$; Texturporen mit stark bis ziemlich stark silifiziertem Zement erfüllt: p_{3-4} .

$$\text{Typ. } \frac{K}{0,2(Kd_{2;4})} p_{3-4}. \quad - \quad Q_1: 1,8. \quad Q: \text{I—II; II.}$$

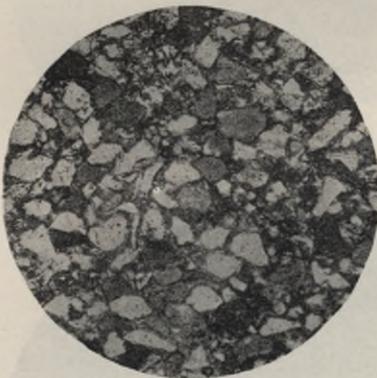


Fig. 222.



Fig. 223.

Fig. 224 (Nr. 102). Glaukonitsandstein von Werl (Westfalen). Vergr. 38 ×.

Schichtung durch parallele Lagen von verschiedenartiger Kornbindung: Sm XIII. Lagen mit stark silifiziertem, glaukonitischem Kontaktzement: Kd_{gk} ; Bindungszahl: 1–2 (3); Bindungsmaß: 0,1–0,3, abwechselnd mit Lagen, deren Körner durch glaukonitisches Basalzement verbunden sind: $Kb_{gk} = 0,028–0,085$ mm.

$$\text{Typ. Sm XIII } \frac{Kd}{Kb} gk. \quad - \quad Q_1: 1,6. \quad Q: \text{II; I—II.}$$

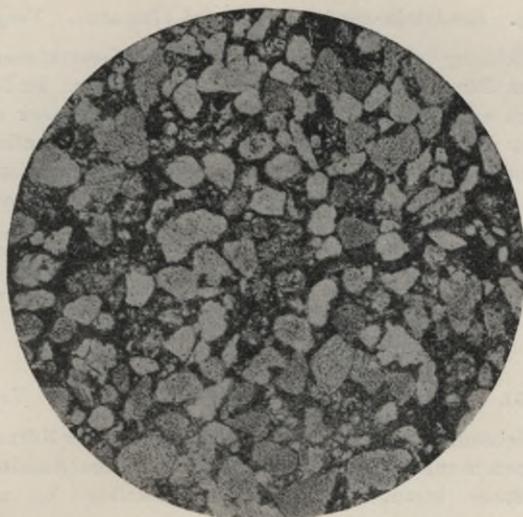


Fig. 224.

Fig. 225 (Nr. 101). Glaukonitsandstein von Soest (Westfalen). Vergr. 47 ×.

Kornbindung durch glaukonitisches und kristallinisch-kalkiges Basalzement: $Kb_{gk}; cc$ (0,028—0,085 mm); reichliche Foraminiferenschalen.

Typ. $Kb_{gk}; cc$. — Q_1 : 1,8. Q : I—II; II.

Fig. 226 (Nr. 108). Sandstein von Schömberg bei Landeshut. Vergr. 22 ×.

Kornbindung durch kristallogr. orientierten Quarz: K; untergeordnet durch ziemlich stark silifiziertes Kontaktzement: Kd_4 (0,01 mm); Bindungszahl:

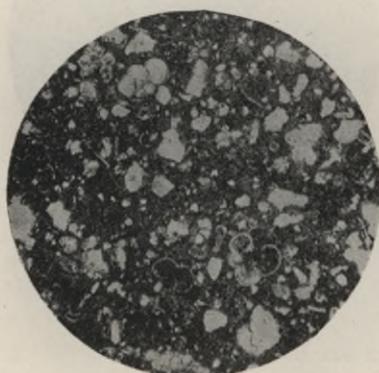


Fig. 225.



Fig. 226.

4—8; Bindungsmaß: 0,54—0,80; Texturporen vorwiegend leer: p_0 , untergeordnet mit ziemlich stark silifiziertem Zement erfüllt: p_4 ; Strukturporen leer: π_0 . Die in der Abbildung scheinbar hervortretende Porenfüllung rührt vom Schleifmaterial her.

Typ. $\frac{K}{\frac{1}{4}(Kd_4 p_4)} p_0 \pi_0$. — Q_1 : 1,87. Q : II.

Fig. 227 (Nr. 33). Sandstein vom Obermaital (Bayern). Vergr. 37 ×.

Schichtung durch parallele Anordnung der Quarzkörner, untergeordnet mit kurzen Bindungsintervallen von 1—3 Körnern: Sm I—II; Zwischenmasse stark silifiziert: Z_3 ; Kornbindung teils durch stark silifiziertes Kontaktzement: Kd_3 (0,005 mm), teils durch kristallogr. orientierten Quarz: K; Bindungszahl: 2—4; Bindungsmaß: 0,33—0,50; Kontaktlinien in vorherrschender Menge ziemlich stark bis sehr stark diskontinuierlich: $3d_{2-3}$; Texturporen mit sehr stark silifiziertem Zement erfüllt: p_3 .

$$\text{Typ. Sm I—II } Z_3 \frac{Kd_3 p_3}{K[p]}. \quad - \quad Q_1; 2,0. \quad Q: \text{ II.}$$

Fig. 228 (Nr. 105). Sandstein von Havixbeck (Westfalen). Vergr. 36 ×.

Schichtung durch parallele Einlagerung isolierter Körner oder kleinerer Korngruppen in zusammenhängender Zwischenmasse (Basalzement: Sm VIII; Zwischenmasse vorzugsweise kristallinisch-kalkig: Z_{cc} mit Muscheleinschlüssen.

$$\text{Typ. Sm VIII } Z_{cc}. \quad - \quad Q_1: 2,0. \quad Q: \text{ II; I—II.}$$



Fig. 227.

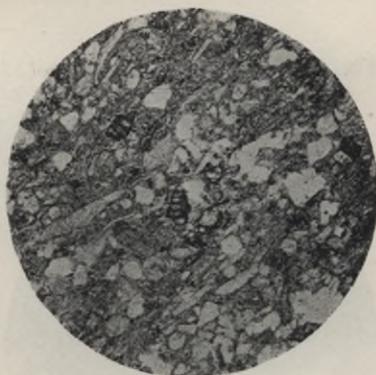


Fig. 228.

Fig. 229. Molasse-Sandstein von Rohrschach am Bodensee.

Kornbindung durch kristallogr. orientierten Quarz: K; Bindungszahl: 4—5; Bindungsmaß: 0,4—0,5. Die Quarzkörner sind in kontinuierlichen, jedoch durch kalkspatiges Zwischenmittel völlig voneinander getrennten Lagen angeordnet. Schichtungstypus: Sm IV. Im Zwischenmittel ist reichlich Glimmer und Glaukonit eingelagert.

$$\text{Typ. Sm IV } Kp_c. \quad - \quad Q_1: 1,33. \quad Q: \text{ I.}$$

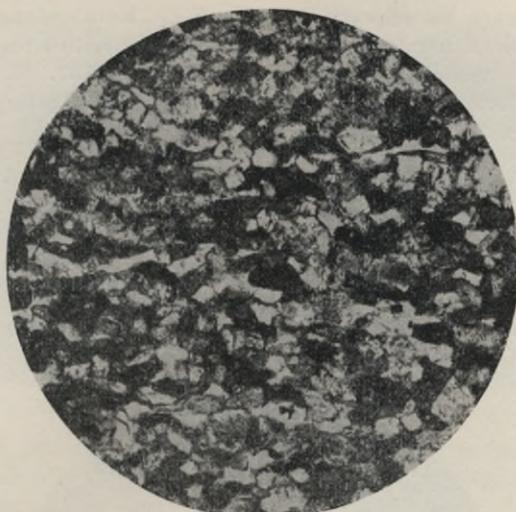


Fig. 229.

Fig. 230 (Nr. 29). Sandstein von Seidenroth (Kr. Schlüchtern, Kassel).

Vergr. 27 ×.

Kornbindung teils durch kristallogr. orientierten Quarz: K, teils durch stark silifiziertes Kontaktzement: Kd_3 (0,004 mm); Bindungszahl: 2—4; Bindungsmaß: 0,28—0,57; Kontaktlinien in beträchtlicher Menge ziemlich stark diskontinuierlich: $2d_2$; Textur- und Strukturporen leer: p_0 ; π_0 . Die scheinbare Porenfüllung rührt vom Schleifmaterial her.

$$\text{Typ. } \frac{K}{0,2(Kd_3)} p_0 \pi_0. \quad - \quad Q_1: 2,2. \quad Q: \text{II—III.}$$

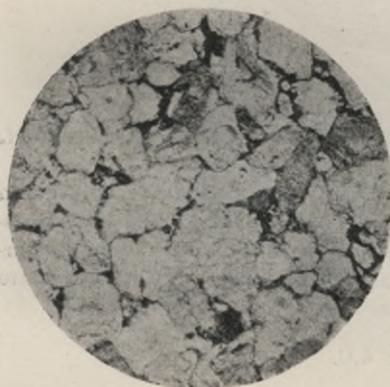


Fig. 230.



Fig. 231.

Fig. 231 (Nr. 19). Sandstein von Meerholz (Hessen-Nassau). Vergr. 47 ×.

Schichtung durch parallele Anordnung der Quarzkörner, zum Teil mit kurzen Bindungsintervallen von 1—2 Körnern: Sm I—II; Zwischenmasse

ziemlich stark bis schwach silifiziert: Z_{4-5} ; Kornbindung teils durch kristallogr. orientierten Quarz: K, teils durch stark silifiziertes Kontaktzement: Kd_3 ; Bindungszahl: 3—4; Bindungsmaß: 0,51—0,57. Kontaktlinien fast ausschließlich sehr stark diskontinuierlich: $4d_3$; Texturporen mit stark silifiziertem Zement erfüllt: p_{3-4} .

$$\text{Typ. Sm I—II } Z_{4-5} \frac{K}{\frac{1}{4}(Kd_3 p_{3-4})}. \quad - \quad Q_1: 2,56. \quad Q: \text{II—III.}$$

Fig. 232. Glaukonitsandstein von Soest (Westfalen).

Kornbindung durch kalkig-glaukonitisches Basalzement: $Kb_c; gk$ (0,057—0,285 mm); reichliche Foraminiferenschalen.

$$\text{Typ. } Kb_c; gk. \quad - \quad Q_1: 3. \quad Q: \text{III.}$$

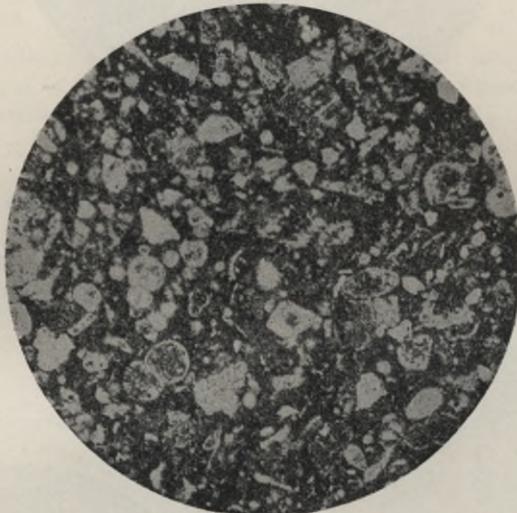


Fig. 232.

Fig. 233 (Nr. 55). Sandstein von der Bahnstrecke Weisenfels—Neudietendorf.
Vergr. 20 ×. Aufn. i. pol. Licht.

Kornbindung teils durch kristallogr. orientierten Quarz: K, teils durch schwach silifiziertes Kontaktzement: Kd_5 ; Bindungszahl: 3—4; Bindungsmaß: 0,25—0,74; Kontaktlinien fast ausschließlich sehr stark diskontinuierlich: $4d_3$; Texturporen leer: p_0 ; Strukturporen leer: π_0 . Die scheinbare Porenfüllung rührt vom Schleifmaterial her.

$$\text{Typ. } \frac{Kd_5}{0,1(K)} p_0 \pi_0. \quad - \quad Q_1: 4,0. \quad Q: \text{IV; V.}$$

Fig. 234 (Nr. 62). Sandstein von Stadtoldendorf (Braunschweig). Vergr. 48 ×.

Schichtung durch diskontinuierliche parallele Kornlagen mit größeren Bindungsintervallen von 4 und mehr Körnern, z. T. durch kontinuierliche Zwischenmittellagen vollständig getrennt: Sm VI—VII; Zwischenmasse ziem-

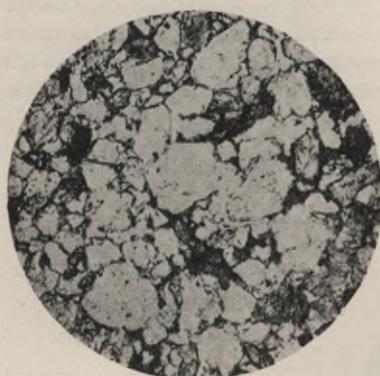


Fig. 233.

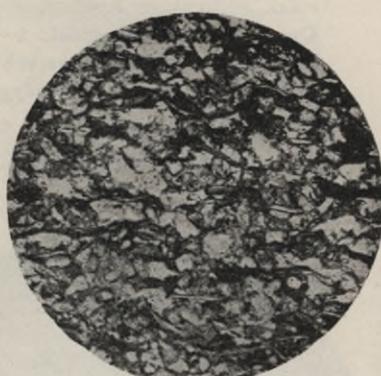


Fig. 234.

lich stark silifiziert, z. T. mürbe: $Z_{4;6}$; Kornbindung durch ziemlich stark silifiziertes oder mürbes Kontaktzement: $Kd_{4;6}$, untergeordnet auch durch kristallogr. orientierten Quarz: K; Bindungszahl: 2—4; Bindungsmaß: 0,30 bis 0,45; Kontaktlinien in beträchtlicher Menge schwach bis sehr stark diskontinuierlich: $2d_{1-3}$; Texturporen fehlen: [p]; reichlich schichtige Glimmereinlagerung.

Typ. SmVI—VII $Z_{4;6} \frac{Kd_{4;6}}{(K[p])}$. — Q_1 : 4,0. Q: IV.

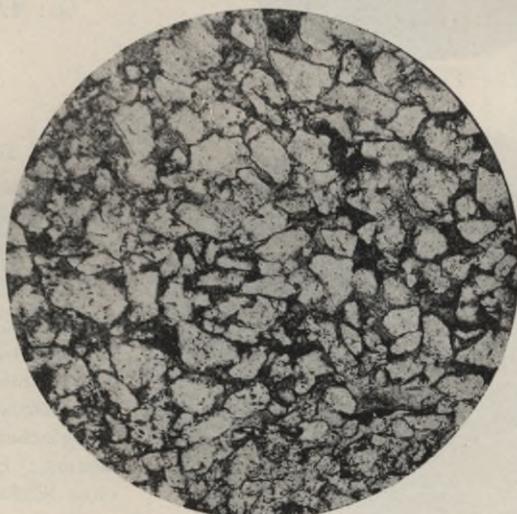


Fig. 235.

Fig. 235 (Nr. 96). Sandst. v. Grüssau, Kr. Landeshut. Vergr. 22 ×. Aufn. i. pol. Licht.

Schichtung durch kontinuierliche parallele Kornlagen mit kurzen bis größeren Bindungsintervallen von 1—2 bzw. 3—4 Körnern: SmII—III; Zwischenmasse ohne merkliche Silifizierung: Z_6 ; Kornbindung teils durch

stark silifiziertes Kontaktzement: Kd_3 , teils durch kristallogr. orientierten Quarz: K ; Bindungszahl: 2—4; Bindungsmaß: 0,20—0,62; Kontaktlinien in untergeordneter Menge schwach diskontinuierlich: $1d_1$; Texturporen mit stark silifiziertem oder polygenem Porenzement ohne merkliche Silifizierung erfüllt: $p_3; 6$.

$$\text{Typ. Sm II—III} Z_6 \frac{Kd_3}{0,3(K)} p_{3; 6} \text{ — } Q_1: 3,1. \quad Q: \text{IV.}$$

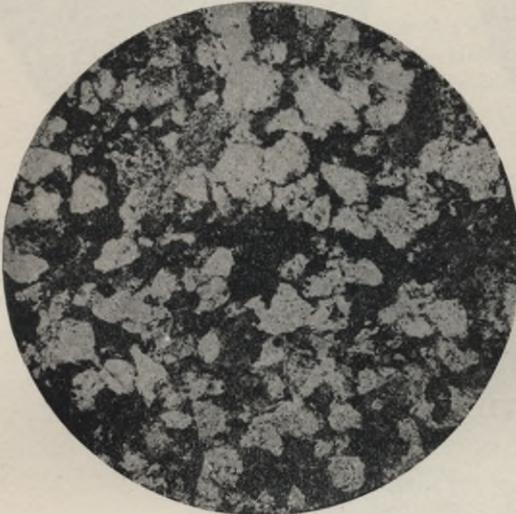


Fig. 236.

Fig. 236. Sandstein von Siegburg. Vergr. 39 ×.

Aufn. i. pol. Licht.

Die Quarzkörnchen treten in isolierten, kieselig verwachsenen Gruppen auf und sind z. T. durch reichliches Bindemittel bzw. Basalzement getrennt. Letzteres ist stark tonig, ohne merkliche Silifizierung.

$$\text{Typ. } \frac{K}{Kb_6} \text{ —}$$

$$Q_1: 4,0. \quad Q: \text{IV.}$$

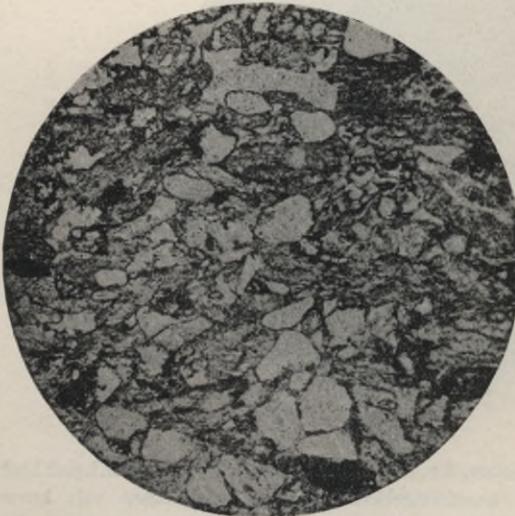


Fig. 237.

Fig. 237 (Nr. 68).

Sandstein. Fundort zwischen Heddesheim und Windesheim (Rheinl.).

Vergr. 47 ×.

Schichtung durch parallele Einlagerung isolierter Körner oder kleinerer Korngruppen, in zusammenhängender Zwischenmasse (Basalzement): $SmVIII$; letztere ohne Silifizierung: Z_6 , aber sehnig struiert; Texturporen mit stark silifiziertem Zement erfüllt: p_3 .

$$\text{Typ. Sm VIII} Z_6 \text{ —}$$

$$Q_1: 6. \quad Q: \text{VI.}$$

C. Schemata zur Klassifikation der Sandsteine.

Schema I

für Sandsteine mit rein kieseligem Kontaktzement¹⁾.

Typ. $K\alpha$, β , γ , δ .

| Kombindung | Bei leeren Poren Kontaktzement: | | | | | | Bei gefüllten Poren Porenzement: | | | | | | | |
|------------|---------------------------------|-------------------|----------|-----------|-----------|--|----------------------------------|--------------------|----------|-------------|----------------|-------|----------------|-------|
| | Bz | $K\alpha$ | $K\beta$ | $K\gamma$ | $K\delta$ | | α , β | γ | δ | P_2 cc | P_3 c_1 | P_4 | P_6 c_2 | P_6 |
| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. |
| | | Qualitätsziffern: | | | | | | Ergänzungsziffern: | | | | | | |
| | 4-5 | 0,25 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 5-8 | 0,25 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 0,8-1 | 0,4 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | " | 0,5 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 0,6-0,8 | 0,65 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | " | 0,75 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 0,4-0,6 | 1,0 | 1,1 | 1,15 | 1,2 | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | " | 1,2 | 1,3 | 1,35 | 1,4 | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 0,2-0,4 | 1,4 | 1,5 | 1,55 | 1,6 | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | " | 1,5 | 1,6 | 1,65 | 1,7 | | — | — | — | — | — | — | — | — |

Nach Maßgabe der Kornbindung Bm und Bz sowie des Kontaktzements α bis δ wird die Qualitätsziffer in den Spalten 3 bis 6 bestimmt. Sind auch die Poren des Gesteins mit Zement erfüllt, so wird je nach der Beschaffenheit derselben die zugehörige Ergänzungsziffer in den Spalten 7 bis 14 aufgesucht und von der betreffenden Qualitätsziffer subtrahiert.

¹⁾ Über die Bedeutung der Signaturen siehe Abs. 537-543 S. 434 u. f.
Beispiele für den Gebrauch der Schemata zur Qualitätsbestimmung der Sandsteine s. S. 466 u. f.

für Sandsteine mit differentem Kontaktzement.

Typ. Kd_{xI-IV} ; Kd_{2-6} ; Kd_{gk} ; cc ; e

| Kornbindung | Bei leeren Poren. | | | | Bei gefüllten Poren. | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-------|---------------------------|-------|
| | Kontaktzement: | | | | Porenzement: | | | | | | |
| Bm | Kd_{xI} oder Kd_{gk} | Kd_{xII} oder Kd_{cc} | Kd_{xIII} oder Kd_{eI} | Kd_5 oder Kd_{e2} | Kd_6 | xI oder gk | P_2 P_{cc} oder P_{xII} | P_3 P_{eI} oder P_{xIII} | P_4 | P_5 oder P_{e2} | P_6 |
| 1. | 3. | 4. | 5. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. |
| 0,8-1 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 3,3 | 5,2 | -0,50 | -0,40 | -0,30 | -0,20 | -0,10 | - |
| " | 1,3 | 1,6 | 2,1 | 3,4 | 5,2 | -0,51 | -0,41 | -0,31 | -0,21 | -0,11 | - |
| 0,6-0,8 | 1,4 | 1,7 | 2,2 | 3,5 | 5,5 | -0,53 | -0,43 | -0,33 | -0,23 | -0,13 | - |
| " | 1,5 | 1,8 | 2,3 | 3,6 | 5,5 | -0,54 | -0,44 | -0,34 | -0,24 | -0,14 | - |
| 0,4-0,6 | 1,7 | 2,0 | 2,5 | 3,8 | 6,0 | -0,56 | -0,46 | -0,36 | -0,26 | -0,16 | - |
| " | 1,9 | 2,2 | 2,6 | 3,9 | 6,0 | -0,57 | -0,47 | -0,37 | -0,27 | -0,17 | - |
| 0,2-0,4 | 1,9 | 2,3 | 2,7 | 4,0 | 6,5 | -0,58 | -0,48 | -0,38 | -0,28 | -0,18 | - |
| " | 2,1 | 2,4 | 2,8 | 4,1 | 6,5 | -0,60 | -0,50 | -0,40 | -0,30 | -0,20 | - |
| | Qualitätsziffern: | | | | Ergänzungsziffern: | | | | | | |

Nach Maßgabe der Kornbindung Bm und Bz sowie des Kontaktzements wird die Qualitätsziffer in den Spalten 3 bis 8 bestimmt. Sind auch die Poren des Gesteins mit Zement erfüllt, so wird je nach der Beschaffenheit derselben die zugehörige Ergänzungsziffer in den Spalten 9 bis 14 aufgesucht und von der betreffenden Qualitätsziffer subtrahiert.

Anmerkung zu Schema 2: Es ist darauf zu achten, daß auch bei unmitttelbarer Kornbindung die Quarzkörner, wenn ihre Kontaktflächen schräg zur Schliffebene liegen, im polarisierten Licht mit einem dunklen, scharf abgegrenzten Rande umgeben sein können, gleichsam als wenn sie durch ein differentes Kontaktzement verbunden wären. Diese lediglich auf Totalreflexion beruhende Erscheinung verschwindet jedoch bei Drehung der Nikols bzw. des Schliffes, und zwar bei der Stellung, in welcher die Schwingungsebene des Lichts mit der Reflexionsebene der Grenzfläche zusammenfällt.

547.

Schema 3

für Sandsteine mit Basalzement.

Typ. Kb.

| Kb β | Kb γ | Kb δ | Kb _{gk; cc} | Kb _{gk; c₁} | Kb _{gk; c₂} | Kb _{cc} | Kb ₂ | Kb _{3; c₁} | Kb ₄ | Kb ₅ | Kb ₆ |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
| 0,3 | 0,5 | 0,7 | 1,5 | 3,0 | 5 | 1,5 | 2,8 | 3,2 | 4,3 | 5,4 | 7,0 |
| Qualitätsziffern: | | | | | | | | | | | |
| Erklärung für die Bezeichnung des Basalzements: | | | | | | | | | | | |
| gk; cc Kompaktes, glaukonitisches Zement, mit kristallinischem Kalk durchwachsen. | | | | | | | | | | | |
| gk; c ₁ Glaukonitisches Zement, mit kryptokristallinischem Kalk durchwachsen. | | | | | | | | | | | |
| gk; c ₂ Desgl. mit erdigem Kalk gemengt. | | | | | | | | | | | |
| Betreffs der übrigen Bezeichnungen s. Abs. 538 S. 435. | | | | | | | | | | | |

zur Bestimmung der Qualität des Poren- (p , π) und Basalzements (b) sowie der Zwischenmasse (Z).

| | $P_1 \pi_1 b_1 Z_1$ | $P_2 \pi_2 b_2 Z_2$ | $P_3 \pi_3 b_3 Z_3$ | $P_4 \pi_4 b_4 Z_4$ | $P_5 \pi_5 b_5 Z_5$ | $P_6 \pi_6 b_6 Z_6$ |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 1. Härte ¹⁾ | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2. Farbstoffaufnahme ²⁾ | Spur bläulicher Färbung | Deutlich bläuliche Färbung | Hellblau | Helles Indigoblau | Dunkles Indigoblau | Intensiv blauschwarz |
| 3. Mikrostruktur | Ausführung der Bestimmung sowie Bewertung der Typen nach Abs. 511 S. 411 u. f. | | | | | |

¹⁾ Die Härte des Porenzements wird nach Abs. 253 S. 140 mittels der Stahlnadel gemäß folgenden Schemas bestimmt:

| Härte | Härte |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 7 bei starkem Druck Abschleifen der Nadel, | 3 bei sehr geringem Druck schwacher Strich, |
| 6 " " " kein Strich, | 2 " " " ziemlich starker Strich, |
| 5 " " " schwacher Strich, | 1 " " " sehr starker Strich. |
| 4 " mäßigem " " " | |

Mit „Strich“ ist hier das Eindringen der Nadel in die Bindemittelsubstanz bezeichnet. Die Prüfung geschieht am trockenen Gestein und behufs Beurteilung der Erweichungsfähigkeit des Zements nach längerer Wasserlagerung der Probe.

²⁾ Die Ausführung der Prüfung geschieht nach Kap. 11 S. 172–180; die Bestimmung der erzielten Färbung des Kontakt- und Porenzements bzw. Basalzements unter Anwendung einer scharfen Lupe (16 bis 18× Vergr.).

549. 1. Ergänzungstabelle für Schema 1 bis 3

zur Bewertung der Schichtungstypen.

Für die Schichtungstypen I, II, IX, X bis XV tritt keine Veränderung der nach Schema 1 bis 6 festgestellten Qualitätsziffern ein, desgleichen für die Schichtungstypen III—IV, falls die Zwischenmasse $Z =$ dem Porenzement $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \text{cc}$ und gk ist. Für die Schichtungstypen VII—VIII gilt die Qualitätsziffer, welche sich ergibt, wenn die Zwischenmasse Z als Basalzement angenommen wird.

| Schichtungstypen | Zwischenmasse: | | | | | |
|------------------|----------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| | Z_9 | Z_8 | Z_4 | Z_6 | Z_6 | Z_6 |
| III | $\times 1,1$ | $\times 1,15$ | $\times 1,2$ | $\times 1,25$ | $\times 1,3$ | $\times 1,3$ |
| IV | 1,15 | 1,2 | 1,25 | 1,3 | 1,35 | 1,35 |
| V | 1,2 | 1,25 | 1,3 | 1,35 | 1,4 | 1,4 |
| VI | 1,25 | 1,3 | 1,35 | 1,4 | 1,45 | 1,45 |

Mit den nebenstehenden Ziffern sind die aus der Korbindung nach Schema 1—3 gefundenen Qualitätsziffern zu multiplizieren.

Anmerkung: Die Bestimmung der Zwischenmasse Z erfolgt nach dem obigen Hilfsschema, Abs. 548.

550. **2. Ergänzungstabelle für Schema 1 bis 3**
zur Bewertung der Kornbindungsfestigkeit (reduzierte Zugfestigkeit).

$\zeta_r w_1$ nach 3 tägiger Wasserlagerung des Gesteins.

$\zeta_r w_2$ „ 10 „ „

$\zeta_r w_3$ „ 30 „ „

| $\zeta_r w_1$ | 125 | 98 | 72 | 56 | 44 | 36 | 28 | 20 | 12 | 6 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|
| $\zeta_r w_2$ | 119 | 87 | 66 | 50 | 38 | 30 | 23 | 16 | 9 | 5 |
| $\zeta_r w_3$ | 113 | 81 | 60 | 45 | 33 | 26 | 19 | 13 | 7 | 4 |
| Qualitätsziffern nach Schema 1—3: | | | | | | | | | | |
| 0,25 | 0 | +0,13 | +0,25 | +0,35 | +0,5 | +0,65 | +0,8 | — | — | — |
| 0,5 | -0,1 | 0 | +0,13 | +0,25 | +0,3 | +0,45 | +0,6 | +0,8 | — | — |
| 0,75 | -0,25 | -0,15 | 0 | +0,13 | +0,2 | +0,25 | +0,4 | +0,6 | +1,8 | — |
| 1 | -0,4 | -0,3 | -0,2 | -0,1 | 0 | +0,2 | +0,4 | +0,6 | +1,8 | +3 |
| 1,5 | -0,5 | -0,4 | -0,3 | -0,2 | 0 | +0,15 | +0,3 | +0,5 | +1,6 | +2,4 |
| 2 | — | -0,5 | -0,4 | -0,3 | 0 | +0,1 | +0,2 | +0,4 | +1,4 | +1,8 |
| 2,5 | — | — | — | -0,4 | -0,3 | 0 | +0,1 | +0,3 | +1,3 | +1,7 |
| 3 | — | — | — | — | -0,4 | 0 | +0,05 | +0,2 | +1,1 | +1,6 |
| 4 | — | — | — | — | — | -0,6 | -0,4 | 0 | +0,6 | +1,0 |
| 5 | — | — | — | — | — | — | -0,8 | -0,5 | 0 | +0,4 |
| 6 | — | — | — | — | — | — | — | -1,0 | -0,5 | 0 |

Die nebenstehenden Ergänzungsziffern sind zu den nach Schema 1 bis 3 bezw. der 1. Erg.-Tab. gefundenen Wertziffern nach Maßgabe der Kornbindungsfestigkeit ζ_{rw} zu addieren resp. von den selben zu subtrahieren.

551. 3. Ergänzungstabelle für Schema 1
zur Bewertung des Diskontinuitätsgrades der kieseligen Kornbindung.

Typ. K_{α-δ}.

| Qualitäts- ziffer nach Schema 1 | Diskontinuitätsgrad: | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| | 1 d ₁ | 2 d ₁ | 3 d ₁ | 4 d ₁ | 1 d ₂ | 2 d ₂ | 3 d ₂ | 4 d ₂ | 1 d ₃ | 2 d ₃ | 3 d ₃ | 4 d ₃ | |
| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | |
| 0,25 | + 0,07 | + 0,15 | + 0,2 | + 0,3 | + 0,11 | + 0,22 | + 0,34 | + 0,45 | + 0,15 | + 0,30 | + 0,45 | + 0,6 | |
| 0,5 | 0,06 | 0,12 | 0,19 | 0,25 | 0,09 | 0,18 | 0,28 | 0,37 | 0,12 | 0,25 | 0,37 | 0,5 | |
| 0,75 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,07 | 0,15 | 0,22 | 0,30 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,4 | |
| 1 | 0,07 | 0,15 | 0,22 | 0,30 | 0,11 | 0,22 | 0,34 | 0,45 | 0,15 | 0,30 | 0,45 | 0,6 | |
| 1-2 | 0,08 | 0,17 | 0,26 | 0,35 | 0,13 | 0,26 | 0,39 | 0,52 | 0,17 | 0,35 | 0,52 | 0,7 | |
| 2 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,15 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,8 | |
| 2-3 | 0,11 | 0,22 | 0,34 | 0,45 | 0,16 | 0,33 | 0,50 | 0,67 | 0,22 | 0,45 | 0,67 | 0,9 | |
| 3 | 0,12 | 0,25 | 0,37 | 0,50 | 0,18 | 0,37 | 0,56 | 0,75 | 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,0 | |
| 3-4 | 0,13 | 0,27 | 0,41 | 0,55 | 0,20 | 0,41 | 0,61 | 0,82 | 0,27 | 0,55 | 0,82 | 1,1 | |
| 4 | 0,15 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,22 | 0,45 | 0,67 | 0,90 | 0,30 | 0,60 | 0,90 | 1,2 | |
| 4-5 | 0,16 | 0,32 | 0,48 | 0,65 | 0,24 | 0,48 | 0,73 | 0,97 | 0,32 | 0,65 | 0,97 | 1,3 | |
| 5 | 0,17 | 0,35 | 0,52 | 0,70 | 0,26 | 0,52 | 0,79 | 1,05 | 0,35 | 0,70 | 1,05 | 1,4 | |
| 6 | 0,18 | 0,37 | 0,56 | 0,75 | 0,28 | 0,56 | 0,84 | 1,12 | 0,37 | 0,75 | 1,12 | 1,5 | |

Ergänzungsziffer:

Die nach Schema 1 bestimmten Qualitätszahlen sind je nach dem Diskontinuitätsgrade x_{d_y}, welchen die Bindungsflächen unter dem Mikroskop erkennen lassen (s. Abs. 508 S. 409 und Abs. 539 S. 436), um die in Kol. 2 bis 13 aufgeführten Ergänzungsziffern zu erhöhen.

zur Bestimmung des Frostbeständigkeitsgrades der Sandsteine nach Maßgabe ihres Sättigungs- und Erweichungskoeffizienten.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Erweichungskoeffizient η | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1,0 |
| | II | II, 5 | III | III, 5 | IV | IV, 5 | V | VI | VI | VI | VI |
| 0,35 | I, 8 | II, 3 | II, 8 | III, 3 | III, 8 | IV, 3 | IV, 8 | IV, 7 | IV, 7 | IV, 7 | IV, 7 |
| 0,4 | I, 6 | II, 1 | II, 6 | III, 1 | III, 6 | IV, 1 | IV, 6 | IV, 4 | IV, 4 | IV, 4 | IV, 4 |
| 0,45 | I, 4 | I, 9 | II, 4 | II, 9 | III, 4 | III, 9 | III, 9 | IV, 2 | IV, 2 | IV, 2 | IV, 2 |
| 0,5 | I, 2 | I, 7 | II, 2 | II, 7 | III, 2 | III, 7 | IV, 2 | IV, 2 | IV, 2 | IV, 2 | IV, 2 |
| 0,55 | I | I, 5 | II | II, 5 | III | III, 5 | IV | V, 8 | V, 8 | V, 8 | V, 8 |
| 0,6 | | I, 3 | I, 8 | II, 3 | II, 8 | III, 3 | III, 8 | V, 6 | V, 6 | V, 6 | V, 6 |
| 0,65 | | I, 1 | I, 6 | II, 1 | II, 6 | III, 1 | III, 6 | V, 4 | V, 4 | V, 4 | V, 4 |
| 0,7 | | | I, 4 | I, 9 | II, 4 | II, 9 | III, 4 | V, 2 | V, 2 | V, 2 | V, 2 |
| 0,75 | | | I, 2 | I, 7 | II, 2 | II, 7 | III, 2 | V | V | V | V |
| 0,8 | | | I | I, 5 | II | II, 5 | III | IV, 8 | IV, 8 | IV, 8 | IV, 8 |
| 0,85 | | | I, 8 | I, 3 | I, 8 | II, 3 | II, 8 | IV, 6 | IV, 6 | IV, 6 | IV, 6 |
| 0,9 | I A | I B | I C | I, 1 | I, 6 | II, 1 | II, 6 | IV, 4 | IV, 4 | IV, 4 | IV, 4 |
| 0,95 | = 0,25 | = 0,50 | = 0,75 | I | I, 5 | II | II, 5 | IV, 2 | IV, 2 | IV, 2 | IV, 2 |
| | | | | | | | II, 5 | IV | V | V | V |

Qualitätsziffern:

Die den Frostbeständigkeitsgrad bezeichnenden Qualitätsziffern sind in den Kol. 2 bis 12 angeführt und werden gemäß den in der ersten Horizontal- und Vertikalreihe enthaltenen Sättigungs- und Erweichungskoeffizienten bestimmt.

553. **1. Ergänzungstabelle für Schema 4**
zur Bewertung der Kornbindungsfestigkeit bei Bestimmung des Frostbeständigkeitsgrades.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $\zeta_r w_1$ | $\zeta_r w_2$ | $\zeta_r w_3$ | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 |
| Kornbindungsfestigkeit der wassergetränkten Proben: Sättigungskoeffizient $S =$ | | | | | | | |
| 6 | 5 | 4 | $\times 1,4$ | $\times 1,4$ | $\times 1,3$ | $\times 1,3$ | $\times 1,2$ |
| 12 | 9 | 7 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 |
| 20 | 16 | 13 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,0 |
| 28 | 23 | 19 | 1,1 | 1,1 | 1,05 | 1,05 | 1,0 |
| 36 | 30 | 26 | 1,05 | 1,05 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 44 | 38 | 33 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 56 | 50 | 45 | 0,85 | 0,85 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| 72 | 66 | 60 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,95 | 0,95 |
| 98 | 87 | 81 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,95 |
| 125 | 119 | 113 | 0,75 | 0,75 | 0,85 | 0,9 | 0,9 |
| Reduktionsfaktoren: | | | | | | | |

Die nach Schema 4 bestimmten, den Frostbeständigkeitsgrad bezeichnenden Qualitätsziffern sind nach Maßgabe der Kornbindungsfestigkeit des wassergetränkten Gesteins und seines Sättigungskoeffizienten mit den in Kol. 4 bis 8 aufgeführten Reduktionsfaktoren zu multiplizieren, und zwar ist der Wert $\zeta_r w_{1-3}$ zu berücksichtigen je nach der bautechnischen Verwendung des Gesteins.

554. 2. Ergänzungstabelle für Schema 4 zur Bewertung des Verteilungskoeffizienten V .

| 1. | Frostbeständigkeitsklasse nach Schema Nr. 4: | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--|
| | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | |
| Ver- teilungs- koeffi- zient V | IA | IB | IC | I | I-II | II | II-III | III | III-IV | IV | IV-V | V | VI | |
| | Ergänzungsziffern: | | | | | | | | | | | | | |
| 1,1 | - | - | - | - | - | + 0,1 | + 0,2 | + 0,3 | + 0,4 | + 0,5 | + 0,6 | + 0,7 | + 0,8 | |
| 1,2 | - | - | - | - | + 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | |
| 1,3 | - | - | - | + 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | |
| 1,4 | - | - | + 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | |
| 1,5 | - | + 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | |
| 1,6 | + 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | |
| 1,7 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | |
| 1,8 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | |
| 1,9 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | |
| 2,0 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | |
| 2,1 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | |

Erläuterung: Ist die Frostbeständigkeitsklasse des Gesteins gemäß dem Sättigungs- und Erweichungskoeffizienten nach Schema-4 und der 1. Ergänzungstabelle bestimmt, so wird, falls der Verteilungskoeffizient V höher als 1 ist, der zu V und der betreffenden Klasse gehörige Ergänzungswert in der vorstehenden Tabelle aufgesucht und die Frostbeständigkeitsklasse um diesen Wert erhöht.

Beispiel: $S = 0,75$; $\eta = 0,6$. Kornbindungsfestigkeit $\zeta r w_1 = 72$; Verteilungskoeffizient $V = 1,5$. Frostbeständigkeitsklasse nach Schema 4 = III, 3; Reduktionsfaktor für $\zeta r w_1$ nach der Ergänzungstabelle 1 = 0,8 (III, 3 \times 0,8 = II.64); V nach der Ergänzungstabelle 2 = + 0,65; Gesamtergebnis = 3,29, also nahezu Klasse III-(III-IV).

Für den Verteilungskoeffizienten kann auch der Färbungstypus φ (s. Kap. 11 S. 175—180) näherungsweise als Ersatz dienen. In den meisten Fällen entspricht

| | | | |
|---------------|---------------|-------------------|---------------|
| φ III | = V 1,1—1,2 | φ X, XI | = V 1,7—1,8 |
| „ IV, V, VII | = „ 1,3—1,4 | „ XXI, XXII, XXIX | = „ 1,9—2,1. |
| „ XIII, XV | = „ 1,5—1,6 | | |

3. Ergänzungstabelle für Schema 4 zur Bewertung des Einflusses, welchen der Frostbeständigkeitsgrad auf den nach Schema Nr. 1 bis 3 bestimmten Qualitätsgrad ausübt.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Bewertungsziffern der Gesteinsqualitäten nach Schema 1 bis 3 | II | II-III | III | III-IV | IV | IV-V | V | V-VI | VI |
| | Frostbeständigkeitsklassen nach Schema 4 und Ergänzungstabelle 1 bis 2: | | | | | | | | |
| | Ergänzungsziffern: | | | | | | | | |
| 0,25 | + 0,75 | + 1,3 | + 2,0 | + 2,5 | + 3,0 | + 3,5 | + 4,0 | + 4,5 | + 5,0 |
| 0,50 | 0,65 | 1,2 | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,4 | 3,9 | 4,4 | 4,9 |
| 0,75 | 0,55 | 1,1 | 1,8 | 2,3 | 2,8 | 3,3 | 3,8 | 4,3 | 4,8 |
| 1 | 0,45 | 0,8 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 3,2 | 3,7 | 4,2 | 4,7 |
| 1,5 | 0,35 | 0,6 | 1,3 | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,4 | 3,9 | 4,4 |
| 2 | 0,1 | 0,5 | 1,0 | 1,6 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 3,6 | 4,1 |
| 2,5 | — | 0,3 | 0,7 | 1,3 | 1,8 | 2,3 | 2,8 | 3,3 | 3,8 |
| 3 | — | — | 0,4 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 |
| 3,5 | — | — | 0,1 | 0,7 | 1,2 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 3,2 |
| 4 | — | — | — | 0,4 | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 2,4 | 2,9 |
| 4,5 | — | — | — | 0,1 | 0,6 | 1,1 | 1,6 | 2,1 | 2,6 |
| 5 | — | — | — | — | 0,3 | 0,8 | 1,3 | 1,8 | 2,3 |
| 5,5 | — | — | — | — | — | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| 6 | — | — | — | — | — | 0,2 | 0,7 | 1,2 | 1,7 |

Anmerkung: Hat das Gestein eine sehr gleichmäßige, dichte Struktur, wie dies namentlich bei Sandsteinen mit glaukonitischem oder kaolitischem Basalzement der Fall zu sein pflegt, so wird auch das Wasser die Poren sehr gleichmäßig erfüllen, und es kann ausdorn der Sättigungskoeffizient auf 0,9 steigen, ohne daß eine stärkere Frostwirkung eintritt. Für solche Sandsteine ist nach den bisherigen Erfahrungen die Qualitätsziffer der vorstehenden Tabelle nur mit der Hälfte des Wertes in Ansatz zu bringen.

Erläuterung: Um den Einfluß festzustellen, den der Frostbeständigkeitsgrad (Schema 4 und Ergänzungstabelle 1 bis 2) auf den Qualitätsgrad der Kornbindung (Schema 1 bis 3 nebst zugehörigen Ergänzungstabellen) ausübt, wird die betreffende Ergänzungsziffer in Kol. 2 bis 10 aufgesucht und zu der Wertziffer der Kornbindung addiert.

Beispiel: Nach Maßgabe der Kornbindung sei in Schema 1 bis 3 nebst Ergänzungstabellen die Qualitätsziffer 3 gefunden worden; die Frostbeständigkeitsklasse sei nach Schema 4 nebst Ergänzungstabellen: 4-5. Alsdann ergibt die obige Tabelle in Kol. 7 die Ergänzungsziffer + 2,0, und es ist somit die Qualitätsklasse des Gesteins $3 + 2,0 = V$.

556.

Schema 5

zur Bewertung der Resultate der experimentellen Frostprüfung.

Es bedeuten F_1 , F_2 und F_3 die Frostbeständigkeitskoeffizienten $\frac{\zeta_{fw}}{\zeta_w}$ (s. Abs. 526 S. 424) bei 30maligem Gefrieren der Proben, und zwar F_3 nach 30 tägiger, F_2 nach 3 tägiger und F_1 nach 3stündiger Wasserlagerung.

Die Vertikalkolumnen enthalten die Frostbeständigkeitsklassen, und zwar Kolumne H für Verwendung der Gesteine im aufsteigenden Mauerwerk von Hochbauten, Kolumne E für Verwendung in exponierten Architekturteilen bezw. zu Bauteilen in unmittelbarer Berührung mit nassem Erdreich und Kolumne W bei Verwendung zu Wasserbauten in Höhe des veränderlichen Wasserstandes.

Die Ziffern hinter dem Komma bedeuten die Zwischengrade, also z. B. II, 5 = Klasse II—III.

| F_1 nach 3stündiger Wasser- lagerung: | F_3 nach 30 tägiger Wasserlagerung: | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|----|---|---------|------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|----|
| | 1 | | | 0,9—0,8 | | | 0,7—0,6 | | | 0,5—0,4 | | | |
| | H | E | W | H | E | W | H | E | W | H | E | W | |
| I | IA | IA | I | IA | I, 5 | IC | I, 5 | IC | I, 5 | III | I | II, 5 | VI |
| | — | — | — | IC | I, 5 | I | II | I, 5 | III, 5 | I, 5 | III | — | |
| | — | — | — | — | — | I, 75 | II, 5 | IV | IV | II, 25 | III, 5 | — | |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | III, 5 | IV, 5 | — | |
| 0,9—0,8 | — | — | — | — | — | I, 25 | II, 25 | III, 5 | IV | II | III, 5 | VI | |
| | — | — | — | — | — | II, 25 | II, 75 | IV | — | II, 75 | IV | — | |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | IV | V | — | |
| 0,7—0,6 | — | — | — | — | — | II, 5 | III, 5 | IV, 5 | — | III | IV | VI | |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | IV | V | — | |
| 0,5—0,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | V | VI | VI | |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |

Anmerkung: Auch die Bewertung des Einflusses der experimentell bestimmten Frostbeständigkeitsgrade auf die nach Schema 1 bis 3 festgestellten Qualitätsgrade erfolgt nach der 3. Ergänzungstabelle S. 462.

Hinsichtlich der Zuverlässigkeit der experimentellen Frostprüfung s. die Ausführungen in Abs. 344 S. 246.

557.

Ergänzungstabelle

für die Bewertung des Eisenkiesgehaltes in Sandsteinen mit rein kieseliger Kornbindung.

Typ. K_{a-d}.

| Porenzement P ²⁻⁶ | Eisenkiesgehalt in % des in Säuren zersetzbaren Bindemittels: | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| | 0,5 % | 1 % | 2 % | 3 % | 4 % | 5 % | 6 % |
| Frei von (Ca, Mg) CO ₃ { " p ²⁻³ " p ³⁻⁴ " p ⁵⁻⁶ | — | — | — | — | — | — | — |
| Gehalt an (Ca, Mg) CO ₃ in % des in Säuren zersetzbaren Bindemittels | — — — × 1,01 1,02 1,03 1,04 | — — × 1,01 1,02 1,03 1,04 1,05 | — × 1,01 1,02 1,03 1,04 1,05 1,06 | — 1,02 1,03 1,04 1,05 1,06 1,07 | — 1,02 1,03 1,04 1,05 1,06 1,07 | — 1,02 1,03 1,04 1,05 1,06 1,07 | — 1,04 1,05 1,06 1,07 1,08 1,09 1,10 1,11 1,12 |

Reduktionsfaktoren:

Anmerkung: Die nach den vorstehenden Schematen festgestellte Bewertungsziffer ist mit dem zugehörigen Reduktionsfaktor zu multiplizieren, um den durch den Eisenkiesgehalt verminderten Qualitätswert für Sandsteine Typ. K zu bestimmen.

für die Bewertung des Eisenkiesgehalts in Sandsteinen mit differentem Kontaktzement Typ. Kd bzw. Basalzement Typ. Kb.

| Kontakt- und Basalzement d ₂₋₆ bzw. b ₂₋₆ | Eisenkiesgehalt in % des in Säuren zersetzbaren Bindemittels: | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,2 % | 0,5 % | 0,75 % | 1 % | 2 % | 3 % | 4 % | 5 % | 6 % |
| Frei von (Ca, Mg) CO ₃ | × 1,01 | × 1,02 | × 1,03 | × 1,04 | × 1,05 | × 1,06 | × 1,07 | × 1,08 | × 1,09 |
| | 1,02 | 1,03 | 1,04 | 1,05 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,09 | 1,1 |
| | 1,03 | 1,04 | 1,05 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,09 | 1,1 | 1,11 |
| | 1,05 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,15 | 1,22 | 1,29 | 1,36 | 1,43 |
| | 1,10 | 1,1 | 1,2 | 1,25 | 1,35 | 1,42 | 1,49 | 1,56 | 1,63 |
| | 1,15 | 1,15 | 1,25 | 1,3 | 1,4 | 1,48 | 1,56 | 1,64 | 2,1 |
| Gehalt an (Ca, Mg) CO ₃ in % des in Säuren zersetzbaren Bindemittels | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,35 | 1,45 | 1,53 | 1,61 | 1,69 | 2,17 |
| | Reduktionsfaktoren: | | | | | | | | |
| | × 1,01 | × 1,02 | × 1,03 | × 1,04 | × 1,05 | × 1,06 | × 1,07 | × 1,08 | × 1,09 |
| | 1,02 | 1,03 | 1,04 | 1,05 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,09 | 1,1 |
| | 1,03 | 1,04 | 1,05 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,09 | 1,1 | 1,11 |
| | 1,05 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,15 | 1,22 | 1,29 | 1,36 | 1,43 |

Anmerkung: Die nach den vorstehenden Schematen festgestellte Bewertungsziffer ist mit dem zugehörigen Reduktionsfaktor zu multiplizieren, um den durch den Eisenkiesgehalt verminderten Qualitätswert für Sandsteine Typ. Kd und Kb zu bestimmen.

D. Beispiele für die Bewertung der Sandsteine.

559. 1. Beispiel (einfacher Fall). Die Untersuchung eines Sandsteins mit unmittelbarer Kornbindung Typ. K_{α} habe folgende Resultate ergeben:

- a) Kornbindungsmaß $B_m = 0,3-0,4$; Kornbindungszahl $B_z = 5-6$.
- b) Porenzement: Härte = 2; Mikrostruktur = Typ. VIII ohne merkliche Silifizierung. Somit entspricht das Porenzement nach dem Hilfsschema S. 455 dem Typ. p_5 .
- c) Schichtung nicht wahrnehmbar.
- d) Kornbindungsfestigkeit nach zweitägiger Wasserlagerung $\zeta_{rw} = 46$.
(Methode der Bestimmung s. Abs. 296 S. 189).

Die Bindungsflächen sind kontinuierlich ausgebildet, somit = 0 d_0 .

- e) Das Gestein ist frei von $(Ca, Mg)CO_3$.
- f) Sättigungskoeffizient $F' = 0,72$; Erweichungskoeffizient $\eta = 0,82$.
- g) Nach der experimentellen Frostprüfung ist $F_1 = 0,92$, $F_2 = 0,85$, $F_3 = 0,80$.

Es soll die Qualitätsklasse des Gesteins für seine Verwendung zu Hochbauten bestimmt werden.

Qualitätsbewertung:

- Zu a u. b) Nach Schema 1 S. 452 ergibt sich aus $B_m = 0,3-0,4$, $B_z = 4-5$ und p_5 die Qualitätsziffer 1,5-0,2 1,3
- „ d) Die Kornbindungsfestigkeit $\zeta_{rw} = 46$ übt nach der 2. Ergänzungstabelle S. 457 einen Einfluß auf die nach a, b) bestimmte Qualitätsziffer nicht aus.
- „ f) Nach Schema 4 S. 459 gehört zu dem Sättigungskoeffizienten $F' = 0,72$ und dem Erweichungskoeffizienten $\eta = 0,82$, die Frostbeständigkeitsziffer II.

Für die Kornbindungsfestigkeit 46 und den Sättigungskoeffizienten 0,72 ergibt sich nach der 1. Ergänzungstabelle auf S. 460 der Reduktionsfaktor: 1; die Frostbeständigkeitsziffer II bleibt somit unverändert. Der Einfluß, den diese Ziffer auf die nach Schema 1 abgeleitete Qualitätsziffer ausübt, ergibt sich aus der 3. Ergänzungstabelle zu Schema 4 S. 462 mit c. + 0,4 und demgemäß berechnet sich die Qualitätsziffer zu $1,3 + 0,4 = 1,7$.

Der Wetterbeständigkeitsgrad des Gesteins würde hiernach der Qualitätsklasse I—II: II entsprechen (s. Klassifikationstabelle S. 340).

560. 2. Beispiel (komplizierterer Fall). Die Untersuchung eines Sandsteins mit kieseliger Kornbindung Typ. K_{α} habe folgende Resultate ergeben:

- a) Kornbindungsmaß $B_m = 0,4-0,5$; Kornbindungszahl $B_z = 3-4$.
- b) Porenzement: Härte = 4; Abschlammung in % des Bindemittels = 4,3 %; Mikrostruktur = Typ. X schwach silifiziert. Somit entspricht das Porenzement nach dem Hilfsschema S. 455 dem Typus p_3 .
- c) Schichtungstypus: IV; Zwischenmasse übereinstimmend mit dem Porenzement, demnach also Z_3 .

- d) Kornbindungsfestigkeit nach dreitägiger Wasserlagerung $\zeta_{rw_1} = 56$
- " " zehntägiger " $\zeta_{rw_2} = 52$
- " " dreißigtägiger " $\zeta_{rw_3} = 46$

(Methode der Bestimmung s. Abs. 296, S. 189).

Diskontinuitätsgrad der Bindungsflächen = 3 d₁.

- e) Das Gestein enthält 12% in Säuren zersetzbare Bindemittelsubstanz (Porenzement); davon sind 1,5% (Ca, Mg)CO₃; ein Gehalt an Eisenkies ist auf 0,2% des Bindemittelgehalts bestimmt worden.

- f) Sättigungskoeffizient $S_1 = 0,65$; Erweichungskoeffizient $\eta_1 = 0,8$
- $S_2 = 0,68$ $\eta_2 = 0,73$
- $S_3 = 0,75$ $\eta_3 = 0,70$

Verteilungskoeffizient $V = 1,2$.

- g) Nach der experimentellen Frostprüfung ist $F_1 = 0,9$, $F_2 = 0,8$, $F_3 = 0,6$.

Es soll die Qualitätsklasse des Gesteins bestimmt werden, und zwar für seine Verwendung A) im aufsteigenden Mauerwerk von Hochbauten, B) in Gemsteinen bzw. im Sockelmauerwerk für stark durchfeuchteten Baugrund, C) zu Wasserbauten mit besonderer Berücksichtigung seines Verhaltens in Höhe des veränderlichen Wasserstandes.

Qualitätsbewertung:

Zu a u.b) Nach Schema 1, S. 452 ergibt sich aus $B_m = 0,4-0,5$, $B_z = 3-4$ und p_3 die Qualitätsziffer $1-0,33$ 0,67

" c) Der Schichtungstypus IV ergibt bei einer Zwischenmasse Z_3 nach der 1. Ergänzungstabelle S. 456 den Reduktionsfaktor 1,1, somit also die Bewertungsziffer $0,67 \times 1,1$ 0,74

" d) Der Kornbindungsfestigkeit entsprechen nach der 2. Ergänzungstabelle S. 457 folgende Ergänzungsziffern: für ζ_{rw_1} (= 56): + 0,13; für ζ_{rw_2} (= 52):

| |
|-------------------------|
| A. $0,74 + 0,13 = 0,87$ |
| B. $0,74 + 0,13 = 0,87$ |
| C. $0,74 + 0,13 = 0,87$ |

c. + 0,13; für ζ_{rw_3} (= 46): c. + 0,13. Hieraus ergeben sich die Bewertungsziffern:

Nach dem Diskontinuitätsgrade 3 d₁ würde zufolge der 3. Ergänzungstabelle S. 458 die Ergänzungsziffer 0,15, also die Bewertungsziffer $0,74 + 0,15 = 0,89$ sein.

" e) Der geringe Eisenkiesgehalt von 0,2% fällt nach der Ergänzungstabelle S. 464 für Typ. K außer Berechnung.

" f) Nach Schema 4, S. 459 ergibt der Sättigungskoeffizient $S_1 = 0,65$ und der Erweichungskoeffizient $\eta_1 = 0,8$ die Frostbeständigkeitsziffer I, 5; ferner $S_2 = 0,68$ und $\eta_2 = 0,73$ die Ziffer II, 05 und $S_3 = 0,75$ und $\eta_3 = 0,70$ die Ziffer II, 9.

Die Kornbindungsfestigkeit $\zeta_{rw_1} = 56$ und $\zeta_{rw_2} = 52$ kommt bei einem Sättigungskoeffizienten $S_1 = 0,65$ bzw. $S_2 = 0,68$, für die Reduktion der Frostbeständigkeitsziffer nach der 1. Ergänzungstabelle für Schema 4, S. 460 nicht in Betracht. Dagegen ergeben die Werte $\zeta_{rw_3} = 46$ und $S_3 = 0,75$ den Reduktionsfaktor 0,85, und somit berechnet sich die Frostbeständigkeitsziffer für C mit $2,9 \times 0,85 = 2,47$.

Endlich ist noch der Verteilungskoeffizient $V = 1,2$ zu berücksichtigen. Nach der 2. Ergänzungstabelle S. 461 erhöht derselbe die Bewertungsziffer I, 5 um $0,1 = I, 6$; die Ziffer II, 05 um $0,2 = II, 25$ und die Ziffer II, 47 um $0,3 = II, 77$.

Der Einfluß, den diese Frostbeständigkeitsziffern auf die aus dem Schema 1 und den zugehörigen Ergänzungstabellen abgeleiteten Qualitätsziffern ausüben, ergibt sich aus der 3. Ergänzungstabelle zu Schema 4, S. 462, und damit ist die Qualität des Gesteins wie folgt bestimmt:

| | | | |
|------------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------|
| Bewertungsziffer zu d) | für A = 0,87 | | |
| " | " f) " " = I, 6 | bleibt außer Betracht, | Qualitätsklasse IC—I |
| | | also Qualitätsziffer 0,87 | |
| " | " d) für B = 0,87 | | " I—II |
| " | " f) " " = II, 25, | demnach Ergänzungsziffer + 0,7, | |
| | | also Qualitätsziffer 0,87 | |
| | | + 0,7 = 1,57 | |
| " | " d) für C = 0,87 | | " II—(II—III) |
| " | " f) " " = II, 77, | demnach Ergänzungsziffer + 1,3, | |
| | | also Qualitätsziffer 0,87 | |
| | | + 1,3 = 2,17 | |

Der Wetterbeständigkeitsgrad des Gesteins würde demnach bei seiner Verwendung im aufgehenden Mauerwerk der Klasse IC—I entsprechen (s. die Klassifikationstabelle S. 340), bei Verwendung zu Gemistteilen der Klasse I und bei Verwendung zu Wasserbauten nahezu der Klasse I—(I—II).

Nachtrag (zu Abs. 525 S. 423): Handelt es sich darum festzustellen, in wie weit ein Gestein für Hochbauten und auch für Wasserbauten verwendbar ist, so darf man sich nicht darauf beschränken, den Sättigungskoeffizienten S nach Maßgabe einer 3stündigen Wasserlagerung und einer solchen im Kompressor bei 150 Atm. festzustellen, sondern es ist die erstere Bestimmung nach 3tägiger und 30tägiger Wasserlagerung zu wiederholen, und es werden hieraus die Werte für die Sättigungskoeffizienten S_1 , S_2 und S_3 zu berechnen sein.

561. 3. Beispiel (einfacher Fall). Die Untersuchung eines Sandsteins mit differenter Kornbindung Typ. Kd ergab folgende Resultate:

- a) Kornbindungsmaß: $B_m = 0,3-0,4$; Bindungszahl $B_z = 4-5$.
- b) Kontaktzement zeigte unter dem Mikroskop die Struktur des Typ. V (s. S. 412) daher Qualität II—III (d_{2-3});
Porenzement: Härte 3; Mikrostruktur: Typ. VII, daher Qualität IV (p_4);
- c) Schichtungstypus II; Zwischenmasse = Z_4 .
- d) Kornbindungsfestigkeit $\zeta_{rw} = 29$.
- e) Das Gestein enthält nur Spuren von $(Ca, Mg)CO_3$, ohne Eisenkies.
- f) Sättigungskoeffizient $S = 0,75$; Erweichungskoeffizient $\eta = 0,5$.
- g) Nach der experimentellen Frostprüfung ist $F_1 = 0,7$, $F_2 = 0,6$, $F_3 = 0,5$.

Qualitätsberechnung:

- Zu a.u. b) Nach Schema 2 ergibt sich aus $B_m = 0,3-0,4$, $B_z = 4-5$ und $d_{2-3} p_4$, die Qualitätsziffer 2,6—0,3 2,3
- " c) Der Schichtungstypus II kommt für die Bewertung nicht in Betracht (s. 1. Ergänzungstabelle zu Schema 1—3 S. 456).
- " d) Der Kornbindungsfestigkeit $\zeta_{rw} = 29$ entspricht nach der 2. Ergänzungstabelle S. 457 die Ergänzungsziffer + 0,16, somit ist die Bewertungsziffer $2,3 + 0,16 = 2,46$.

Zu e) Ein geringer Gehalt von $(Ca, Mg)CO_3$ ist bei Abwesenheit von Eisenkies ohne namhaften Einfluß auf die Qualität des Gesteins.

„ f) $S = 0,75$ und $\eta_1 = 0,5$ ergeben nach Schema 4 S. 459 die Frostbeständigkeitsziffer III, 7.

Die Kornbindungsfestigkeit $\zeta_{rw} = 29$ und der Sättigungskoeffizient $S = 0,75$ liefern nach der 1. Ergänzungstabelle S. 460, den Reduktionsfaktor 1,1 und es ist somit die Frostbeständigkeitsklasse $= 3,7 \times 1,1 = IV, 07$.

Demgemäß ist nach der 3. Ergänzungstabelle S. 462, die Ergänzungsziffer zur Qualitätsziffer $2,46 = 1,8$ und das Gesamtergebnis: $2,46 + 1,8 = 4,26$.

Das Gestein gehört somit der Beständigkeitsklasse IV: IV—V an.

562. 4. Beispiel (komplizierterer Fall). Die Untersuchung eines Sandsteins mit differenter Kornbindung Typ. Kd ergab folgende Resultate:

a) Kornbindungsmaß: $B_m = 0,3-0,5$; $B_z = 4-5$.

b) Kontaktzement zeigte unter dem Mikroskop die Struktur des Typ. X (s. S. 412) aber mit überaus spärlichen Quarzmikrolithen, daher Qualität d_4 . Porenzement: Härte 2.

Mikrostruktur: Typ. VIII. Somit entspricht das Porenzement nach dem Hilfsschema S. 455 dem Typ. p_5 .

c) Schichtungstypus III: Zwischenmasse = Z_3 .

d) Kornbindungsfestigkeit $\zeta_{rw_1} = 35$

$$\zeta_{rw_2} = 21$$

$$\zeta_{rw_3} = 12.$$

e) Das Gestein enthält 18% in Säuren zersetzbare Bindemittelsubstanz, davon sind 8% $(Ca, Mg)CO_3$; ein Gehalt an Eisenkies ist auf 0,72% des Bindemittelgehalts bestimmt worden.

f) Sättigungskoeffizient $S_1 = 0,6$; Erweichungskoeffizient $\eta_1 = 0,65$

$$S_2 = 0,72 \quad \eta_2 = 0,5$$

$$S_3 = 0,86 \quad \eta_3 = 0,4.$$

Verteilungskoeffizient $V = 1,3$.

g) Nach der experimentellen Frostprüfung ist $F_1 = 0,92$, $F_2 = 0,78$, $F_3 = 0,43$.

Es soll die Qualitätsklasse des Gesteins bestimmt werden, und zwar A) für seine Verwendung im aufgehenden Mauerwerk von Hochbauten, B) in Gesimsen bzw. im Sockelmauerwerk für stark durchfeuchteten Baugrund, C) zu Wasserbauten mit Berücksichtigung des Verhaltens in Höhe des veränderlichen Wasserstandes.

Qualitätsbewertung:

Zu a u. b) Nach Schema 2 ergibt sich aus $B_m = 0,3-0,5$, $B_z = 4-5$ und $d_4 p_5$ die Qualitätsziffer $3,2-0,18 \dots \dots \dots 3,02$

„ c) Der Schichtungstypus III ergibt bei einer Zwischenmasse Z_3 nach der 1. Ergänzungstabelle S. 453 den Reduktionsfaktor 1,15, somit also die Bewertungsziffer $3,02 \times 1,15 \dots \dots \dots 3,47$

- Zu d) Der Kornbindungsfestigkeit entsprechen nach der 2. Ergänzungstabelle S. 457 folgende Ergänzungsziffern: für ζ_{rw_1} ($= 35$): $- 0,3$; für ζ_{rw_2} ($= 21$): $- 0,2$; für ζ_{rw_3} ($= 12$): $+ 0,1$. Hieraus ergeben sich die Bewertungsziffern:
- „ e) Der Eisenkiesgehalt von $0,72\%$ ergibt bei einem Gehalt von 8% (Ca, Mg) CO_3 nach der Ergänzungstabelle S. 464 den Reduktionsfaktor $1,2$; es erhöhen sich daher die Bewertungsziffern wie nebenstehend:
- „ f) Nach Schema 4, S. 459 ergibt der Sättigungskoeffizient $S_1 = 0,6$ und der Erweichungskoeffizient $\tau_{r1} = 0,65$ die Frostbeständigkeitsziffer I, 6; ferner $S_2 = 0,72$ und $\tau_{r2} = 0,5$ die Ziffer III, 4 und $S_3 = 0,86$ und $\tau_{r3} = 0,4$ die Ziffer VI.

Die Kornbindungsfestigkeit $\zeta_{rw_1} = 35$ kommt bei einem Sättigungskoeffizienten $= 0,6$ für die Reduktion der Frostbeständigkeitsziffer nach der 1. Ergänzungstabelle für Schema 4, S. 460 nicht in Betracht. Dagegen ergeben die Werte $\zeta_{rw_2} = 21$ und $S_2 = 0,72$ sowie $\zeta_{rw_3} = 12$ und $S_3 = 0,86$ übereinstimmend den Reduktionsfaktor $1,1$. Somit berechnen sich die Frostbeständigkeitsziffer wie folgt:

Der Verteilungskoeffizient $= 1,3$ kommt nach der 2. Ergänzungstabelle S. 461 für A mit $+ 0,2$, für B mit $+ 0,65$, mit C mit $+ 1$ in Anrechnung, und es ergeben sich somit die Frostbeständigkeitsziffern in nebenstehender Weise:

Der Einfluß, den diese Frostbeständigkeitsziffern auf die aus dem Schema 2 und den zugehörigen Ergänzungstabellen abgeleiteten Qualitätsziffern ausüben, ergibt sich aus der 3. Ergänzungstabelle zu Schema 4, S. 462, und damit ist die Qualität des Gesteins wie folgt bestimmt:

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Bewertungsziffer zu d) für A = 3,84 | } Qualitätsklasse (III—IV)—IV |
| „ f) „ „ = 1,8 bleibt außer Betracht, also Qualitätsziffer = 3,84 | |
| „ d) für B = 3,96 | |
| „ f) „ „ = IV, 1, demnach Ergänzungsziffer $+ 0,9$, also Qualitätsziffer $4,1 + 0,9 = 5$ | |
| „ d) für C = 4,32 | } „ V |
| „ f) „ „ = VII, 6, demnach Ergänzungsziffer $+ 2,8$, also Qualitätsziffer $4,32 + 2,8 = 7,12$ | |

Der Wetterbeständigkeitsgrad des Gesteins würde demnach bei seiner Verwendung im aufsteigenden Mauerwerk nahezu der Klasse IV entsprechen, bei Verwendung zu Gesimsteilen der Klasse IV—V und bei Verwendung zu Wasserbauten der Klasse VI.

563. 3. Beispiel. Ergebnisse der Untersuchung eines Sandsteins mit ungleichartiger Kornbindung Typ. $\frac{K}{0,3Kd}$:

- a) Kornbindungsmaß $B_m = 0,6-0,8$; Kornbindungszahl $B_z = 5-8$.
 b) Kontaktzement von $K_d = d_3$ (Bestimmung durch mikroskopische Untersuchung); Porenzement = p_4 (Bestimmung nach dem Hilfsschema S. 455).
 c) Schichtung nicht wahrnehmbar.
 d) Kornbindungsfestigkeit (als Durchschnittswert zu betrachten) $\zeta r w_1 = 35$.
 e) Das Gestein enthält 8,5% in Säuren zersetzbare Bindemittelsubstanz mit 0,3% (Ca, Mg) CO_3 ohne Eisenkies.
 f) Sättigungskoeffizient $S_1 = 0,5$; Erweichungskoeffizient $\eta_1 = 0,8$.
 Verteilungskoeffizient $V = 1$.

Qualitätsbewertung:

- Zu a u. b) Nach Schema 1, S. 452 ergibt sich aus $B_m = 0,6-0,8$, $B_z = 5-8$ und p_4 die Qualitätsziffer $0,76-0,20 = 0,56$; nach Schema 2, S. 453 aus denselben Bindungszahlen für K_d und p_4 die Qualitätsziffer $2,32-0,24 = 2,08$; demnach ist die Qualitätsziffer des Typ. $\frac{K}{0,3K_d} = 0,7 \cdot 0,56 + 0,3 \cdot 2,08 = \dots \dots \dots 1,02$
 „ d) Der Kornbindungsfestigkeit $\zeta r w_1 = 35$ entspricht nach der 2. Ergänzungstabelle S. 457 die Ergänzungsziffer $+0,1$. Hieraus ergibt sich die Bewertungsziffer $1,02 + 0,1 = \dots \dots \dots 1,12$
 „ f) Nach Schema 4, S. 459 entspricht dem Sättigungskoeffizienten $S_1 = 0,5$ und dem Erweichungskoeffizienten $\eta_1 = 0,8$ die Frostbeständigkeitsziffer 0,4.

Die Kornbindungsfestigkeit kommt bei einem Sättigungskoeffizienten unter 0,7 für die Bestimmung des Frostbeständigkeitswertes nicht in Betracht (s. 1. Ergänzungstabelle zu Schema 4).

Da überdies die Ziffer der Frostbeständigkeitsklasse unter II ist, so vermag sie (s. die 3. Ergänzungstabelle zu Schema 4) die nach Schema 1 und 2 bestimmte Qualitätsziffer nicht zu ändern.

Der Wetterbeständigkeitsgrad des Gesteins würde demnach der Qualitätsklasse I—(I—II) entsprechen.

564. 4. Beispiel. Ergebnis der Untersuchung eines Sandsteins mit Basalzement Typ. Kb:

- a) Die durch Basalzement verbundenen Korngruppen bestehen aus je 1—5 Körnern mit unmittelbarer Bindung. Basalzement: Härte 1—2. Eisenoxydreiche tonige Substanz ohne merkliche Silifizierung. Somit entspricht das Basalzement nach dem Hilfsschema S. 455 dem Typ. b₅₋₆.
 b) In Übereinstimmung hiermit ist der Erweichungskoeffizient $\eta_1 = 0,39$
 $\eta_2 = 0,34$
 $\eta_3 = 0,3$.

Unter solchen Umständen erübrigt sich die Bestimmung der Bindungsfestigkeit und der Frostbeständigkeitsziffern, und es wird das Gestein nach Schema 3, S. 454 als der Qualitätsklasse VI angehörig zu bezeichnen sein.

565. Teil XVIII enthält eine tabellarische Zusammenstellung der Prüfungsergebnisse an deutschen Sandsteinen nebst Bestimmung ihrer Wetterbeständigkeit auf Grund der theoretischen Bewertung ihrer Eigenschaften, sowie nach Feststellung ihres Erhaltungszustandes in älteren Bauwerken.

Kapitel 37.

Anleitung zur praktischen Beurteilung der Sandsteine nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften und ihrer Erscheinungsweise im Bruch.

566. Die nachstehend gegebenen Regeln zur praktischen Beurteilung des Wetterbeständigkeitsgrades der Sandsteine beruhen auf denselben Grundsätzen, wie sie für die systematische Prüfung aufgestellt worden sind, nur daß die in Frage kommenden Gesteinseigenschaften nicht mittels exakter, experimenteller Methoden, sondern nach äußeren Kennzeichen bzw. durch leicht auszuführende Versuche näherungsweise festgestellt werden.

Daß durch derartige Bestimmungen die systematische experimentelle Prüfung nicht ersetzt werden kann, bedarf keiner weiteren Erörterung. In vielen Fällen aber, und namentlich bei Gesteinen, welche in besonderem Maße wetterfest oder wetterunbeständig sind, treten die hierfür maßgebenden Eigenschaften so scharf hervor, daß sie auch ohne exakte Prüfung mit hinreichender Sicherheit erkannt werden können.

Eine solche, auf leicht bestimmbareren Gesteinseigenschaften beruhende Untersuchungsmethode, auch wenn sie nur für einen größeren Teil der Gesteinsvorkommen die Beurteilung der den extremen Gliedern der Beständigkeitsreihe angehörigen Materialien ermöglicht, ist aber sowohl für den Bautechniker wie für den Steinbruchunternehmer von namhafter praktischer Bedeutung. Überdies wird die hier gegebene Anleitung unter Umständen auch zur Vorprüfung in solchen Fällen dienen können, wo es sich darum handelt, festzustellen, wie viele voneinander abweichende Lagen in einem Bruche vorkommen und demnach bei der experimentellen Untersuchung zu berücksichtigen sind, wie andererseits für die Beurteilung der Gleichmäßigkeit oder Ungleichmäßigkeit des bei fortschreitendem Abbau gewonnenen Materials.

Zur Ausführung der hier in Rede stehenden Prüfung sind folgende Utensilien erforderlich:

1. eine scharfe Lupe (12—18 × Vergr.), womöglich mit Halter (s. Fig. 60, S. 140), sowie eine mit Heft versehene feine Stahlnadel zur Härteprüfung;
2. ein kleiner Hammer mit scharfer Schneide;

3. Salzsäure zur Bestimmung von Karbonaten im Bindemittel und
4. zur eventuellen Vervollständigung der Untersuchung eine kleine Apothekerwaage von etwa 250 g Tragfähigkeit und 3 mg Empfindlichkeit.

567. Die praktische Beurteilung des Gesteins stützt sich auf folgende Untersuchungen:

1. Bestimmung der Kornbindungsart und Bindungsfestigkeit.

Wir unterscheiden nach Abs. 491 S. 365:

- a) kieselige Kornbindung;
- b) solche durch differentes Kontaktzement;
- c) Kornbindung durch kieseliges oder differentes Basalzement.

In den meisten Fällen, und namentlich, wenn das Gestein nicht ganz besonders feinkörnig ist, wird sich die Bestimmung dieser Kornbindungstypen mittels der Lupe, und zwar am besten bei scharfer Lampenbeleuchtung, mit genügender Sicherheit ausführen lassen, wobei allerdings die Feststellung feinerer Strukturunterschiede, wie sie die mikroskopische Methode ermöglicht, nicht in Betracht kommen kann. Wesentlich unterstützt wird die Untersuchung durch Anwendung einer spitzen Stahlnadel, die sowohl zum Lostrennen der einzelnen Quarzkörnchen als auch zur Härteprüfung des Zements dient.

Bei Sandsteinen mit kieseliger Kornbindung oder mit stark silifiziertem Kontaktzement sind die einzelnen Quarzkörnchen nur schwierig oder auch garnicht mit der Nadel voneinander zu trennen, während dies bei weicheren Bindemitteln, je nach ihrem Silifizierungsgrade, mehr oder weniger leicht gelingt¹⁾.

Die abgelösten Körnchen sind, wenn die Kornbindung eine kieselige ist, auch an den Bruchstellen glasglänzend; bei differentem Kontaktzement werden in der Regel Partikel desselben von matter bzw. farbiger Beschaffenheit an den Körnern haften bleiben. Besitzt das Bindemittel eine geringe Haftfestigkeit, dann lösen sich die Quarzkörnchen aus demselben leicht heraus, ohne daß Bruchflächen oder Zementreste an ihnen zu beobachten sind. Zeigen die Quarzkörnchen Kristallfacetten (pleromorphe Ausbildung), so deutet dies auf kieselige Kornbindung oder auf ein stark silifiziertes Kontaktzement hin.

Diese am trockenen Gestein auszuführende Untersuchung wird an Proben, welche längere Zeit unter Wasser gelegen haben, wiederholt,

¹⁾ An der Oberfläche der mit dem Hammer hergestellten Schlagfläche finden sich stets losgelöste oder locker gewordene Körner, die zunächst mit einer scharfen Bürste zu entfernen sind.

um durch Vergleichung beider Bestimmungen den Erweichungsgrad des Kontaktzements festzustellen. Die Wasserlagerung des Gesteins wird auf 3, 10 oder 30 Tage ausgedehnt, je nachdem es sich um die Beurteilung des Materials für seine Verwendung zu Hochbauten, zu Bauteilen in unmittelbarer Berührung mit feuchtem Erdreich oder zu Wasserbauten handelt. Die rein kieselige Kornbindung erfährt durch Wasserlagerung keine erhebliche Beeinträchtigung, während die Festigkeitsverminderung bei differentem Kontaktzement um so größer erscheint, je geringer seine Silifizierung ist.

568. 2. Untersuchung des Poren- und Basalzements.

Auf die vorstehend beschriebene Weise (mittels Stahlnadel und Lupe) wird auch die mineralogische Beschaffenheit und die Erweichungsfähigkeit des Poren- und Basalzements bestimmt.

Rein kieseliges Zement zeigt Glasglanz und ist mit der Nadel nicht ritzbar, vielmehr erzeugt dieselbe auf der fraglichen Substanz durch Abschleifen einen schwarzen, metallglänzenden Strich. Die sonst vorkommenden Zemente lassen sich, je nach ihrem Silifizierungsgrade, mehr oder weniger leicht ritzen bzw. mit der Nadel ausstechen, wobei die weicheren Substanzen pulverig aufgelockert werden. Näheres über die Bestimmung der Härtegrade enthält die Fußnote zu S. 191.

Für die Beurteilung der Zusammensetzung und Wetterbeständigkeit der Zemente ist auch ihre Färbung von Bedeutung. Dieselbe wird bedingt:

1. durch Eisenoxyd: rot bis rotbraun;
2. durch Eisenhydroxyd: gelbbraun bis gelb;
3. durch tonige oder kieselige Substanzen, falls dieselben eisenfrei sind: hellgrau;
4. durch Kaolin: weiß;
5. durch Glaukonit: grün;
6. durch kohlige Beimengen: schwärzlichgrau bis schwarz.

Hinsichtlich der Bedeutung dieser färbenden Substanzen für die Wetterbeständigkeit des Poren- bzw. Basalzements ist folgendes zu bemerken:

1. Das Eisenoxyd färbt weiche tonige Substanzen lebhaft hellrot bis rot entsprechend der Farbe des Rötels, während eine erhebliche Silifizierung auch eine Änderung der Farbe in bläulichrot, mattrot oder graurot bewirkt;

2. das braun bis gelb färbende Eisenhydroxyd kann als solches dem Sedimentmaterial ursprünglich beigemischt sein und tritt dann meist gleichmäßig oder schichtstreifig im Gestein auf; oder es ist durch Zersetzung von eingesprengtem Eisenkies oder anderweitig chemisch gebundenem Eisen entstanden und bildet dann gewöhnlich fleckige Färbungen. Ist in letzterem Falle das Gestein vollkommen fest, so deutet das auf eine gute Qualität des Kontaktzements hin, während minderwertige Zemente durch die gedachte Zersetzung eine namhafte Verminderung ihrer Festigkeit erleiden;

3. die hellgrau gefärbten Sandsteine sind entweder von mehligter Beschaffenheit und enthalten dann ein rein toniges oder nur sehr wenig silifiziertes Porenzement, oder sie zeigen einen glasartigen Glanz bei bedeutender Härte und besitzen in diesem Falle ein rein kieseliges bzw. stark silifiziertes Poren- oder Basalzement;

4. die weißen Kaolin-Sandsteine sind meistens von kieseliger Kornbindung, während der Kaolin als lockeres Porenfüllmittel eingelagert ist;

5. die durch Glaukonit grün gefärbten Bindemittel sind in der Regel kalkig, und je nachdem der Kalkgehalt kristallinisch oder dicht ist, erweist sich das Zement mehr oder weniger wetterbeständig. Die kristallinisch-kalkigen Glaukonitzemente erscheinen unter der Lupe kompakt; die nicht kristallinischen dagegen erdig. Letztere sind auch von geringerer Festigkeit und erweichen unter Wasser in beträchtlichem Maße, was durch Prüfung mit der Stahlnadel leicht zu erkennen ist.

Mitunter finden sich in dem grünen Glaukonitzement braunrote, durch Zersetzung entstandene Flecken von Eisenoxyd. Ist das Zement trotz dieser Umwandlung von beträchtlicher Festigkeit, so darf dasselbe als wetterbeständig gelten, ist es durch den gedachten Prozeß erdig aufgelockert worden, so wird es als minderwertig zu betrachten sein;

6. kohlige Beimengungen im Porenzement beeinträchtigen die Wetterbeständigkeit desselben, und zwar umsomehr, je weicher es an und für sich ist und je lockerer die kohlige Substanz erscheint.

569. 3. Bestimmung der Festigkeit des Gesteins.

Da die Festigkeit des Gesteins im allgemeinen durch die Intensität der Kornbindung und durch die Festigkeit des Porenzements bedingt wird, letztere sich aber durch die Härteprüfung unter der Lupe näherungsweise bestimmen läßt, so gestattet die Feststellung der Gesamtfestigkeit des Gesteins, bei gleichzeitiger Berücksichtigung seines Porositätsgrades, einen Rückschluß auf die Intensität der Kornbindung.

Für den vorliegenden Zweck genügt es im allgemeinen, zu bestimmen, ob das Material als ein sehr festes, festes, mittelfestes oder mürbes zu bezeichnen ist, und eine Unterscheidung in diesen Grenzen läßt sich unschwer durch einfaches Zerschlagen des Gesteins mit dem Hammer bewirken¹⁾. So unzulänglich ein derartig primitives Verfahren auf den ersten Blick erscheinen mag, so überzeugt man sich bei Ausführung derartiger Versuche doch bald, daß namhaftere Kohärenzunterschiede dadurch ebenso bestimmt zu erkennen sind, wie andererseits der Grad der Festigkeitsverminderung, welche die Gesteine durch längere Wasserlagerung erleiden. Bevor man hierbei eine gewisse Sicherheit

¹⁾ Am besten eignet sich hierzu die sog. Freiburger Form des geologischen Hammers mit scharfer Schneide.

erlangt hat, ist die Vergleichung des fraglichen Materials mit Normalgesteinen von bekannter Festigkeit zu empfehlen¹⁾.

Je nachdem es sich um die Beurteilung des Gesteins für seine Verwendung zu Hochbauten, zu Bauteilen in unmittelbarer Verbindung mit feuchtem Erdreich oder zu Wasserbauten handelt, wird die Wasserlagerung auch hier, wie in Abs. 567 angegeben, auf 3, 10 oder 30 Tage auszudehnen sein. Es ist aber zu berücksichtigen, das selbst gute Bausteine durch Einwirkung des Wassers eine gewisse Festigkeitsverminderung erleiden können. Ist dieselbe jedoch sehr bedeutend, so wird das betreffende Material stets als wetterunbeständig zu betrachten sein.

570. Eine andere Methode der näherungsweise Festigkeitsbestimmung, welche sich gut bewährt hat, ist folgende: Es werden von dem zu prüfenden Gestein mit dem Hammer mehr oder weniger scharfkantige Stücke abgeschlagen (Kantenwinkel ca. 70°, 45° und 20°) und dieselben in der Weise einer Prüfung unterzogen, daß man die betreffende Kante mit den Fingern abzubrechen versucht. Je nach dem stärkeren oder schwächeren Abbruch lassen sich die Festigkeitsgrade etwa in folgender Weise klassifizieren²⁾:

| Kante | Geringer Abbruch | Ziemlich starker Abbruch | Starker Abbruch |
|---------|---------------------|--------------------------|----------------------|
| ca. 70° | — | Mürbes Gestein | Sehr mürbes Gestein |
| ca. 45° | Festes Gestein | Ziemlich festes Gestein | Wenig festes Gestein |
| ca. 20° | Sehr festes Gestein | Festes Gestein | — |

Die nach dem Vorstehenden auszuführende Festigkeitsprüfung wird ebenfalls wie die in Abs. 569 angegebene sowohl an lufttrockenem, als auch an wassergelagertem Gestein ausgeführt.

571. Um aus diesen Festigkeitsbestimmungen ein Urteil über die Kornbindungsfestigkeit zu gewinnen, bedarf es noch der Berücksichtigung des Porositätsgrades des zu prüfenden Materials. Denn es können sehr dichte Gesteine eine beträchtliche Festigkeit zeigen, obschon sie nur eine mäßige Kornbindung besitzen, während stark poröse Gesteine von mittlerer allgemeiner Festigkeit einen relativ hohen Grad von Kornbindungsintensität aufweisen können.

Einen Anhalt für die Bewertung des Porositätsgrades bei diesen Bestimmungen mag folgende Tabelle gewähren:

¹⁾ Normierung der Festigkeitsgrade: Sehr fest $\zeta = 40$; ziemlich fest $\zeta = 25$; wenig fest $\zeta = 15$; mürbe $\zeta = 10$; sehr mürbe $\zeta = 5$. ($\zeta =$ Zugfestigkeit des wassergelagerten Gesteins.)

²⁾ Da beim Formatieren der Stücke häufig Rißbildungen auftreten, so wird man eine größere Anzahl von Proben für die Prüfung verwenden müssen, um die an fehlerhaften Stücken erhaltenen Resultate ausscheiden zu können.

| Festigkeitsgrad des Gesteins: | Dichtigkeitsgrad des Gesteins: ¹⁾ | | | |
|----------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|--------|-------------|
| | Sehr dicht: | Ziemlich dicht: | Porös: | Sehr porös: |
| | Festigkeitsgrade der Kornbindung: | | | |
| Sehr fest | 2 | 1 | — | — |
| Fest | 3 | 2 | 1 | — |
| Ziemlich fest | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Wenig fest | 6 | 5 | 4 | 3 |
| Mürbe | 7 | 6 | 5 | 4 |
| Sehr mürbe | — | 7 | 6 | 5 |

572. Hat man auf die in Abs. 567—571 angegebene Weise die Art der Kornbindung, die Bindungsfestigkeit und ihre Beeinflussung durch Wasserwirkung näherungsweise bestimmt, so läßt sich hieraus unter der Voraussetzung, daß andere Gesteinseigenschaften nicht in Betracht zu ziehen sind, der Wetterbeständigkeitsgrad der Sandsteine im allgemeinen nach folgendem Schema beurteilen:

Schema zur Beurteilung des Wetterbeständigkeitsgrades der Sandsteine nach Maßgabe ihrer Kornbindungsfestigkeit.

| Festigkeitsgrad der Kornbindung nach einer Wasserlagerung des Gesteins von | | | Wetterbeständigkeitsklasse der Sandsteine | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 3 Tagen: | 10 Tagen: | 30 Tagen: | a) mit rein kieseligem Korn- bindung | b) mit differentem Kontakt- zement | c) mit differentem Basal- zement ²⁾ |
| 1 | 1—2 | 2 | I A—C | I | I—II |
| 2 | 2—3 | 3 | I | II | II—III |
| 3 | 3—4 | 4 | II | III | III—IV |
| 4 | 4—5 | 5 | III | IV | V |
| 5 | 6 | 7 | IV | V | VI |
| 6 | 7 | — | — | VI | VII |
| 7 | — | — | — | VII | VIII |

¹⁾ Normierung der Dichtigkeitsgrade: Sehr dicht $P = 1-3$; ziemlich dicht $P = 6-8$; porös $P = 14-16$; sehr porös $P = 22-26$ ($P =$ Porositätskoeffizient).

²⁾ Sandsteine mit rein kieseligem Basalzement werden wie solche mit unmittlbarer Kornbindung nach Kol. a) bestimmt.

573. Die nach dem vorstehenden Schema ausgeführte Bestimmung der Qualitätsklasse bedarf jedoch einer Ergänzung, falls sich annehmen läßt, daß der Wetterbeständigkeitsgrad der Sandsteine noch durch andere als die hier berücksichtigten Eigenschaften beeinflußt wird.

Als solche Eigenschaften kommen in Betracht:

- a) Strukturverhältnisse, welche die Einwirkung des Frostes auf das wassergetränkte Gestein begünstigen;
- b) ein kalkiges Bindemittel (z. T.);
- c) ein beträchtlicher Gehalt an zersetztem Feldspat;
- d) kohlige Einschlüsse in reichlicher Menge;
- e) ein großer Eisenkiesgehalt.

Zu a): Im allgemeinen erweisen sich die Sandsteine als frostbeständig, wenn sie, bei poröser Beschaffenheit, ein rein kieseliges oder reichlich silifiziertes Kontaktzement besitzen. Aber auch für die dichten Sandsteine besteht die Gefahr des Zerfrierens meistens nur für dünn-schichtige Abänderungen, und zwar namentlich dann, wenn das Gestein infolge geringen Schichtenzusammenhanges beim Zerschlagen mit dem Hammer ebenflächig abspaltet. Besonders ungünstig wirkt in dem letzteren Falle ein weiches, toniges Porenzement oder das Auftreten von dünnen Tonblättchen bzw. von reichlichen Glimmereinlagerungen auf den Schichtflächen, sowie das Vorkommen zusammenhängender dünner Tonzwischenlagen.

Gesteine dieser Art erscheinen für Wasserbauten durchaus ungeeignet, aber auch für Hochbauten dürfen sie nur lagerhaft versetzt, also nicht auf den Spalt gestellt werden¹⁾.

Endlich ist als allgemeine Regel zu beachten, daß die Frostbeständigkeit der Sandsteine um so geringer ist, je stärker sie im Wasser erweichen.

Bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse wird man in den meisten Fällen die frostunbeständigen Sandsteine von den frostbeständigen zu unterscheiden vermögen. Ist die Beschaffenheit des Gesteins eine derartige, daß die Beurteilung zweifelhaft erscheint, so läßt sich ein zuverlässiger Anhalt nur durch die Bestimmung des Sättigungskoeffizienten, s. Abs. 207 S. 114, gewinnen.

574. Zu einer näherungsweisen Feststellung des Sättigungskoeffizienten kann man sich folgender Methode bedienen:

¹⁾ Die leichte Gewinnung dünner Platten aus solchem Gestein verleitet häufig zur Verwendung desselben als plattenförmiges Verblendmaterial, was namentlich für Sockelmauerwerk äußerst bedenklich ist. Siehe das Seite 405, Fig. 190 angeführte Beispiel.

Es werden aus dem fraglichen Gestein mehrere rechtwinklige Probestücke von annähernd $4 \times 4 \times 2,5$ cm Kantenlänge = 40 ccm mit glatt geschliffener Oberfläche hergestellt und mittels der Schublehre möglichst genau ausgemessen. Alsdann bestimmt man auf einer kleinen Apotheke das Gewicht der bei 60° getrockneten Proben und berechnet unter schätzungsweise Feststellung des spez. Gewichtes des Sandsteinpulvers¹⁾ den Rauminhalt der Poren. Nunmehr wird die Wasseraufnahme des Gesteins nach 3stündiger, 3tägiger und 30tägiger Wasserlagerung bestimmt, je nachdem es sich um eine Beurteilung des Materials für seine Verwendung in Hochbauten, zu Baugliedern in unmittelbarer Berührung mit feuchtem Erdreich oder zu Wasserbauten handelt. Hiernach wird der Sättigungskoeffizient S in folgender Weise berechnet:

Beispiel: Die Abmessungen des Probestücks seien $4 \times 4 \times 2,5$ cm und der Inhalt demnach 40 ccm. Das spez. Gewicht werde zu 2,6 angenommen. Demnach würde das Gewicht der Probe bei porenfreier Beschaffenheit $40 \times 2,6 = 104$ g sein. In Wirklichkeit wiege die Probe aber nur 80 g. Dann ist der Rauminhalt der Poren = $40 - \frac{80}{2,6} = 9,23$ ccm. Ein Auswägen des wassergelagerten Gesteins ergäbe eine Wasseraufnahme von 5 g. Hiernach berechnet sich der Sättigungskoeffizient

$$S = \frac{5}{9,23} = 0,54.$$

Gemäß den Ergebnissen dieser Untersuchung sind die in der Tabelle Abs. 572 S. 477 aufgeführten Wetterbeständigkeitsklassen nach folgendem Schema zu erhöhen:

| Sättigungs- koeffizient S : | Wetterbeständigkeitsklassen nach dem Schema Abs. 572 | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | IA-C | I | II | III | IV | V | VI |
| 0,5—0,65 | — | — | — | — | — | — | — |
| 0,7—0,75 | + 0,5 | + 0,5 | + 0,5 | + 1,0 | + 0,5 | — | — |
| 0,8—0,85 | + 1,0 | + 1,5 | + 1,5 | + 2,0 | + 2,0 | + 1,0 | + 1,0 |
| 0,9—0,95 | + 2,0 | + 2,5 | + 3,0 | + 2,0 | + 2,0 | + 2,0 | + 2,0 |

¹⁾ Das spez. Gewicht des Sandsteinpulvers schwankt nur unbedeutend, und zwar nach dem Eisengehalt des Bindemittels, zwischen 2,56 und 2,65, sodaß man näherungsweise folgende Werte annehmen kann:

| | |
|----------------------------------------|--------------|
| Rein weißer Sandstein, spez. Gewicht = | 2,56 |
| Hellgelber | " " " = 2,58 |
| Gelber | " " " = 2,60 |
| Schwach roter | " " " = 2,61 |
| Roter | " " " = 2,63 |
| Intensiv roter | " " " = 2,65 |

Eine fehlerhafte Schätzung des spez. Gewichtes um 0,5 verändert das Resultat des Sättigungskoeffizienten um etwa 3 Einheiten der zweiten Dezimale, eine Differenz, die für die fragliche Bestimmung nicht in Betracht kommt.

Bei fehlerhafter Ausmessung des Probestücks verändert sich für je 1 ccm Differenz der Sättigungskoeffizient um etwa 1 Einheit der ersten Dezimale.

Zu b) Nachweis von Kalkkarbonat im Bindemittel.

575. Die Bestimmung eines Gehalts an Kalkkarbonat im Sandstein geschieht durch Behandlung desselben mit Salzsäure. Man legt das Probestück so lange in Wasser, bis keine Luftblasen mehr entweichen und fügt alsdann gereinigte Salzsäure in beträchtlicher Menge hinzu. Ist der Gehalt an Kalkkarbonat reichlich, so findet ein starkes Aufbrausen statt; bei geringem Kalkgehalt eine langsame Entwicklung von Kohlensäurebläschen. Sehr wichtig ist der Nachweis, ob der etwaige Gehalt an Kalkkarbonat nur dem Porenzement oder auch dem Kontaktzement angehört. Zu diesem Zweck wird das Porenzement mittels der Stahlnadel unter der Lupe möglichst vollkommen ausgestochen und das aufgelockerte Material mit einer scharfen Bürste entfernt. Nunmehr betupft man die so präparierte Oberfläche mit Salzsäure und beobachtet mittels der Lupe, ob die Kohlensäurebläschen nur aus den Poren aufsteigen oder auch an den Bindungsflächen der Quarzkörnchen auftreten. In letzterem Falle liegt ein kalkiges Kontaktzement vor. Ferner kommt es darauf an, zu bestimmen, ob das Kalkkarbonat erdig oder kristallinisch ist, was unter der Lupe meistens mit Sicherheit erkannt werden kann.

Die viel verbreitete Ansicht, daß kalkhaltige Sandsteine in allen Fällen von geringer Wetterbeständigkeit sind, ist als irrig zu bezeichnen. Namentlich wenn der Kalk in kristallinischer Form (als Kalkspat) vorhanden ist, wie z. B. in gewissen Jurasandsteinen und auch in Glaukonit-sandsteinen, kann er ein durchaus wetterfestes Bindemittel darstellen. Andererseits können kalkhaltige Bindemittel, namentlich wenn sie als Kontaktzement auftreten und das Gestein reichlich Eisenkies enthält, allerdings die Beständigkeit des Gesteins wesentlich beeinträchtigen.

Es sind hierbei folgende Fälle zu unterscheiden:

1. Sandsteine mit rein kieseligem oder stark silifiziertem Kontaktzement und kalkigem Porenzement.

Bei kristallinischer Ausbildung der kalkigen Porenausfüllung und Abwesenheit von Eisenkies wird die Wetterbeständigkeit des Gesteins durch das Porenzement nicht beeinträchtigt. Ein reichlicher Eisenkiesgehalt zersetzt bei seiner Verwitterung das kalzitische Porenzement; das Gestein wird porös, ohne daß dadurch seine Kornbindung aufgehoben wird. Ist jedoch das kalkige Porenzement erdig, so findet auch bei Abwesenheit von Eisenkies eine allmähliche Ausnagung der von Wasser leicht erweichbaren Substanz statt.

2. Sandsteine mit einem Kalkgehalt im Kontakt- bzw. Basalzement.

Bei kristallinischer Ausbildung der Kalksubstanz im Kontakt- und Basalzement kann das Gestein, bei Abwesenheit von Eisenkies, von vortrefflicher Wetterbeständigkeit sein, während die erdige Beschaffenheit des betreffenden Zements das Gestein als wetterunbeständig erscheinen läßt. Tritt ein beträchtlicher Gehalt an Eisenkies hinzu, so ist das Gestein, auch bei kristallinischer Ausbildung des Kalkkarbonats im Zement, als wetterunbeständig zu betrachten.

Zu c) Der Einfluß eines Gehalts an Feldspatkörnern.

576. Da der Feldspat, falls er in kleinen Körnchen im porösen Gestein eingeschlossen ist, verhältnismäßig schnell verwittert, so findet man ihn im Bruchgestein meistens schon in mehr oder weniger zersetzter Form. Im Bauwerk schreitet dieser Zersetzungsprozeß ziemlich rasch fort, und deshalb übt ein größerer Feldspatgehalt stets einen ungünstigen Einfluß auf die Wetterbeständigkeit des Gesteins aus. Ist der Gehalt an Feldspat jedoch so gering, daß seine Auswitterung die Bindung der Quarzkörnchen nicht erheblich beeinträchtigt, so können derartige Sandsteine noch ein recht gutes Baumaterial liefern.

Zu d) Der Einfluß kohligter Beimengungen.

577. Solche Beimengungen kommen namentlich in folgender Form vor:

1. als mehr oder weniger reichliche körnige Einschlüsse, wie z. B. in den Sandsteinen der Karbonformation. Zeigt das Gestein eine kieselige Kornbindung und beträchtliche Festigkeit, wie dies für die Sandsteine der gedachten Formation meistens zutrifft, so sind derartige Einschlüsse, wenn sie nicht sehr reichlich auftreten, ohne erheblichen Einfluß auf die Wetterbeständigkeit des Gesteins;

2. als krummblättrige, mehr oder weniger zusammenhängende Einlagerungen, die bei beträchtlicher Menge eine maserige Struktur des Gesteins bedingen (wie bei einzelnen Lagen des Cottaer Sandsteins) und dann eine recht erhebliche Verminderung seiner Wetterbeständigkeit zur Folge haben;

3. als feinpulverige Beimengungen im Kontakt-, Poren- und Basalzement. Derartige Beimengungen im Kontakt- und Basalzement lassen dasselbe stets als minderwertig erscheinen; im Porenzement sind sie von geringerer Schädlichkeit, wenn das Gestein ein kieseliges oder stark silifiziertes Kontaktzement besitzt.

Zu berücksichtigen ist überdies die *substanzielle Beschaffenheit* der kohligen Beimengungen. In den Sandsteinen der älteren Formationen (Kambrium,

Silur, Devon und Karbon) zeigen sie die Beschaffenheit des Anthrazits bezw. der Steinkohle und sind in dieser Form ziemlich wetterbeständig. Die Einschlüsse der jüngeren Formationen sind bitumenreicher und nähern sich in den Kreidesandsteinen der Braunkohle, weshalb sie weniger wetterbeständig sind, und zwar in dem Maße, als ihr Bitumengehalt sich erhöht und ihre Festigkeit geringer wird.

Zu e) Der Einfluß eines Gehalts an Eisenkies.

578. Der Eisenkies gehört zu denjenigen Gesteinsbestandteilen, welche sich am leichtesten zersetzen und wegen der dabei frei werdenden Schwefelsäure unter Umständen eine sehr starke zerstörende Wirkung auf die Gesteinssubstanz ausüben. In welchem Maße dies geschieht, hängt sowohl von der Größe des Eisenkiesgehalts, als auch namentlich von der substanziellen Beschaffenheit der Kornbindung ab. Ist das Kontaktzement rein kieselig oder sehr stark silifiziert, so kommt für die ungünstige Wirkung des Eisenkieses nur das Porenzement in Betracht, und je nachdem letzteres kalkig oder rein tonig ist, wird es mehr oder weniger schnell zerstört werden. Ist dagegen das Kontaktzement kalkig, so wird das Gestein sehr bald vollständig zermürben, während bei tonigem Kontaktzement der Verwitterungsprozeß in dem Maße schneller fortschreitet, als das Zement schwächer silifiziert ist.

Beurteilung der Wetterbeständigkeit des Gesteins nach Maßgabe seiner Erscheinungsweise im Steinbruch.

579. Die Beschaffenheit der äußeren Rinde oder der „Schwarte“ des Gesteins auf seiner Lagerstätte kann in manchen Fällen zu wichtigen Aufschlüssen über den Wetterbeständigkeitsgrad des Materials führen, wenn dabei die geologischen Verhältnisse des Vorkommens gebührend berücksichtigt werden.

Es sind hierbei namentlich folgende Fälle zu unterscheiden:

1. Das Gestein tritt mit geringer Bedeckung zutage, und es läßt sich annehmen, daß die Oberfläche bereits während geologischer Zeiträume der Wirkung der Atmosphäriken ausgesetzt war. In solchen Fällen werden neben den Verwitterungsagentien, welche auf die Gesteine im Bauverbände einwirken, noch folgende spezifisch geologische Einflüsse in Betracht zu ziehen sein:

- a) Wirkung der Erdfeuchtigkeit und der darin gelösten Stoffe (organische und mineralische) bei horizontaler oder sattelförmiger Lagerung;

- b) Wirkung der Erdfeuchtigkeit, sowie die der Schichtwässer und der darin gelösten Stoffe, falls das Gestein muldenförmig gelagert ist¹⁾;
- c) die außerordentliche Zeitdauer der Einwirkung der Verwitterungsagentien.

Zeigt trotzdem das Gestein nur eine verhältnismäßig geringe Verwitterungsrinde und keine sehr bedeutende Festigkeitsverminderung in den oberen Schichten, so darf es für bautechnische Zwecke als in hohem Grade wetterbeständig erachtet werden.

Hat sich im Laufe geologischer Zeiträume eine starke mürbe „Schwarte“ gebildet, so ist dadurch noch keineswegs ausgeschlossen, daß das Gestein in seinen tieferen Lagen ein vortreffliches Baumaterial liefern kann, doch wird in diesem Falle eine sorgfältige Prüfung des Materials erforderlich sein.

2. Das Gestein ist von einer starken Schicht schüttigen Materials überlagert.

Hierbei kommen in Betracht:

- a) als Aggressivwirkungen: die Bodenfeuchtigkeit und die in derselben gelösten organischen und mineralischen Substanzen, sowie die Zeitdauer der Einwirkung dieser Agentien;
- b) als Schutzwirkungen: die Verminderung bzw. Verhütung des oxydierenden Einflusses der Luft und der Frostwirkung, je nach der Stärke der Deckschicht.

Zeigt das Gestein unterhalb seiner Bedeckung eine verhältnismäßig geringe Verwitterungsrinde ohne bedeutende Festigkeitsverminderung in den oberen Lagen, so bleibt vor allem festzustellen, ob das Material auch in unmittelbarer Berührung mit den Atmosphäriken als vollkommen frostbeständig zu erachten sei. Zutreffendenfalls darf es als durchaus wetterbeständig gelten, es sei denn, daß es bei kalkigem Kontakt- bzw. Porenzement einen bedeutenden Gehalt an Eisenkies besitzt, der an der Oberfläche des Bauwerks unter dem ungehinderten Zutritt der Luft eine stärkere Zersetzung als in der Erde erleidet und dadurch die Wetterbeständigkeit des Gesteins beeinträchtigt²⁾.

¹⁾ Die insbesondere aus humosem Erdreich stammenden Agentien (Humussäure, Ammoniumsulfat usw.) können namentlich dann eine starke Zersetzung des Gesteins verursachen, wenn die Kornbindung desselben durch ein kalkiges Kontaktzement bewirkt wird.

²⁾ Nicht selten ist das Material unterhalb der Deckschicht stark zerstückelt, und es finden sich dann innerhalb der letzteren und wohl auch an deren Oberfläche

Weist das Gestein unter seiner Bedeckung und trotzdem es durch dieselbe der Frostwirkung entzogen ist, eine stark verwitterte Schwarte auf, so wird die Ursache der Verwitterung zu bestimmen und danach zu beurteilen sein, in welchem Maße die hierbei in Frage kommenden Gesteinseigenschaften auch auf das Material im Bauverbände ungünstig einzuwirken imstande sein werden.

3. Handelt es sich um einen älteren, aufgelassenen Bruch, dessen Außerbetriebsetzung der Zeit nach bekannt ist, so wird man aus der Beschaffenheit der Abbaufäche ersehen, welche Veränderungen das Gestein in dem betreffenden Zeitraum erlitten hat, und hiernach die Qualität des Materials feststellen können.

Alle diese aus der Oberflächenbeschaffenheit des Gesteinsvorkommens abzuleitenden Beurteilungen seiner Wetterbeständigkeit haben jedoch naturgemäß nur dann eine allgemeine Bedeutung für das Gesamtmaterial des Bruches, wenn sich die vollständige Gleichartigkeit aller Schichten desselben nachweisen läßt. Empfehlenswert ist es, hierbei nicht nur dem Augenschein zu folgen, sondern das Material der einzelnen Gesteinsbänke einer sorgfältigen Untersuchung zu unterziehen.

580. Neben den Veränderungen, welche die Atmosphärien und die Erdfeuchtigkeit in dem Bruchgestein hervorgerufen haben, sind bei Beurteilung seiner Qualität auch die dynamischen Wirkungen, denen das Gestein unterworfen war, zu berücksichtigen, insbesondere die Absonderungen, Druckerscheinungen, Spalt- und Kluftbildungen, wie die allgemeinen geologischen Lagerungsverhältnisse.

Nähereres hierüber siehe in Kap. 3 S. 16—21 und Kap. 4 S. 31—41.

Bruchstücke des anstehenden Gesteins. Sind dieselben noch von beträchtlicher Festigkeit, dann ist ohne weiteres die absolute Frostbeständigkeit des Materials als erwiesen zu betrachten.

VII. Teil.

Die Grauwacken und ihre Prüfung.

Kapitel 38.

Allgemeine petrographische Charakteristik.

581. Mit dem Namen **Grauwacke** bezeichnet man sandsteinartige Felsbildungen, deren körnige Gemengteile nicht nur wesentlich aus Quarz, sondern neben demselben aus mannigfachen anderen Mineralien und Gesteinsfragmenten bestehen, und zwar insbesondere aus Feldspat, Glimmerblättchen, Kieselschiefer- und Tonschieferbrocken, wozu sich mitunter auch Körnchen von kristallinischen Schiefen, Quarziten und Kalk gesellen.

Das Bindemittel ist teils vorwiegend kieselig, teils tonschiefrig bis tonig, oder es besteht aus einem feinpulvrigen Aggregat derselben Substanzen, welche als körnige Gemengteile auftreten. Häufig ist es durch kohlige Substanzen dunkel gefärbt und nicht selten eisenkieshaltig. In besonderen Fällen tritt auch Kalkkarbonat als Bindemittel auf.

Nach der Struktur kann man folgende Varietäten der Grauwacke unterscheiden:

1. **Körnige Grauwacke.** Ein fein- bis grobkörniges Aggregat von Quarz, Tonschiefer, Kieselschiefer, Feldspat und Glimmer ohne wahrnehmbare Parallelstruktur, mit einem vorwiegend kieseligen bzw. mehr oder weniger stark silifizierten, tonschiefrigen Bindemittel.

Sind die körnigen Bestandteile von Erbsengröße und darüber, so bezeichnet man das Gestein als Grauwackenkonglomerat.

Auch die vielfach als Pflastersteine verwendeten grobkörnigen Kieselsandsteine mit akzessorischem Feldspatgehalt werden in der Praxis meist als Grauwacken bezeichnet, wie denn zwischen dieser Gesteinsart und den eigentlichen Sandsteinen mannigfache Übergangsglieder vorkommen.

2. Dichte Grauwacke. Ein dem vorgenannten gleichartig zusammengesetztes Gestein von so feinkörniger Beschaffenheit, daß die Gemengteile ohne Lupe nicht mehr deutlich unterscheidbar sind, mit sehr reichlichem, mehr oder weniger silifiziertem, tonigem Bindemittel ohne Parallelstruktur.

3. Schiefrige Grauwacke. Eine feinkörnige Abänderung mit reichlichen Glimmerblättchen und unvollkommen dickschiefrigem Gefüge.

4. Grauwackenschiefer. Eine mikrogranulöse Grauwacke mit sehr reichlichen Glimmerblättchen, tonigen Bindemittel und ziemlich vollkommen schiefriger Struktur.

Kapitel 39.

Die Mikrostruktur der Grauwacken.

582. Wie bei den Sandsteinen sind zu unterscheiden:

- a) Grauwacken mit rein kieseliger Kornbindung, Typ.-Bezeichnung: K;
- b) solche mit „differentem“ (nicht rein quarzigem) Kontaktzement, Typ.-Bezeichnung: Kd;
- c) Grauwacken mit quarzigem oder differentem Basalzement, Typ.-Bezeichnung: Kb.

Auch die mikrogranulösen, dem Tonschiefer verwandten, mehr oder weniger glimmerreichen schiefrigen Grauwacken lassen sich in gleicher Weise wie die körnigen Abänderungen systematisieren, und es sollen die einzelnen Typen folgendermaßen bezeichnet werden:

- d) mK: mikrogranulöse Grauwacke mit kieseliger Kornbindung;
- e) mKgl₁₋₄: desgl. mit zusammenhängenden Glimmerlagen;
- f) mKd: desgl. mit differenter (nicht rein kieseliger) Kornbindung;
- g) mKdgl₁₋₄: desgl. mit differenter Kornbindung und zusammenhängenden Glimmerlagen;
- h) mKb: desgl. mit Basalzement;
- i) mKbgl₁₋₄: desgl. mit Basalzement und zusammenhängenden Glimmerlagen.

Anmerkung:

Es bedeutet: gl₁ Glimmerlagen sehr reichlich und vollkommen kontinuierlich;
 gl₂ „ sehr reichlich, aber diskontinuierlich;
 gl₃ „ wenig reichlich, aber vollkommen kontinuierlich;
 gl₄ „ wenig reichlich und diskontinuierlich.

583. Für die Bewertung der verschiedenen Bindungstypen sind dieselben Grundsätze maßgebend, wie sie für Sandsteine dargelegt worden sind. Als die vorzüglichsten Zemente sind auch hier die rein kieseligen zu betrachten; es folgen demnächst die authigenen zeolithischen Substanzen und je nach dem Grade ihrer Silifizierung die übrigen Bindemittel, wie die polygenen staubförmigen, die tonschieferigen und tonigen Substanzen. Während aber bei den Sandsteinen die Art der Kornbindung in den meisten Fällen ausschlaggebend für die Qualität des Gesteins ist, kommt für die Grauwacken in erheblichem Maße auch die substantielle Beschaffenheit der körnigen Bestandteile in Betracht. Als ungünstig für die Wetterbeständigkeit des Gesteins ist im allgemeinen ein namhafter Gehalt an angewitterten Feldspatkörnchen, Tonschieferbrocken und, falls reichlich Eisenkies vorhanden ist, auch an Kalksteinbrocken zu bezeichnen.

Ist der Gehalt an diesen Bestandteilen so gering, daß bei ihrer Verwitterung der Zusammenhang der Quarzkörnchen nicht erheblich einträchtigt wird, so vermögen sie auch den Wetterbeständigkeitsgrad des Gesteins nicht beträchtlich zu vermindern. Ein größerer Gehalt an verwitterbaren körnigen Gemengteilen wird verhältnismäßig ungünstiger auf Gesteine mit differentem Kontaktzement, als auf solche mit kieseliger Kornbindung einwirken, da die letzteren einen ziemlich beträchtlichen Ausfall an körnigen Gemengteilen erleiden können, ehe ihre Festigkeit unter das für wetterbeständige Gesteine normale Maß hinabgeht.

584. Häufiger als bei den Sandsteinen findet sich bei Grauwacken eine durch Parallelstruktur hervorgerufene vollkommene Schichtung, die in der Regel mit einer mehr oder weniger vollkommenen Schieferung verbunden ist.

Die gewöhnlichsten Schichtungstypen sind: Sm I—VIII (s. Abs. 492 S. 369).

Kapitel 40.

Chemische Zusammensetzung.

1. Grauwacken-Analysen.

585. Für die nachstehenden Analysen ist teils frisches Bruchgestein, teils das Material älterer Bauwerke verwendet worden. Ein dem Fundort beigefügtes Zeichen (s. d. Fußnote) gibt hierüber näheren Aufschluß.

Die Gesteine sind nach den ihrer Wetterbeständigkeit entsprechenden Qualitätsklassen und innerhalb derselben nach der geologischen Formation des Vorkommens geordnet.

Anmerkung. A.: Analyse des Salzsäureauszuges; B.: Desgl. des Schwefelsäureauszuges;
C.: Prozentuale Berechnung der gelösten Bestandteile.

| Gesteins- nummer | Fundort | Qualitäts- klasse | Rückstand | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | CO ₂ | SiO ₂ | Glyhverlust | Summe |
|---------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------|--------|
| 1 | Etzelburg b. Breinig Kr. Aachen †) | I A. | A. + B. 78,39 C. 26,07 | 5,85 | 1,88 | 0,55 | 0,70 | — | 2,72 | 0,21 | 8,26 | 2,27 | 100,83 |
| 2 | Morley, Kr. Aachen †) | I A. | A. + B. 77,68 C. 27,87 | 6,39 | 3,27 | 0,27 | 0,99 | 3,35 | 14,61 | 0,11 | 6,89 | 1,66 | 100,61 |
| 3 | Nordheim b. Kreuznach | I A. | A. 93,36 A. + B. 82,45 C. 52,73 | 0,87 | 1,84 | 0,42 | 0,12 | 0,32 | — | 0,25 | 0,14 | 3,39 | 100,71 |
| 4 | Bergstein (?), Kr. Düren ††) | I A. | A. + B. 78,12 C. 38,84 | 8,61 | 6,82 | 0,22 | 0,89 | 2,57 | 11,59 | 0,22 | 0,76 | 2,08 | 100,29 |
| 5 | Dillenburg, Reg.-Bez. Wiesbaden †) | I A. | A. + B. 84,74 C. 13,83 | 2,21 | 1,59 | 3,48 | 0,43 | 1,95 | — | 1,84 | 2,81 | 1,67 | 100,72 |
| 6 | Ober-Reiferscheid, Rheinprovinz †) | I A. | A. 91,12 A. + B. 79,10 C. 32,04 | 2,64 | 2,11 | 0,18 | 0,87 | — | — | 11,51 | 17,59 | 10,45 | 100,00 |
| 7 | Sayn, Rheinprovinz †) | I A. | A. + B. 86,59 C. 27,69 | 3,52 | 2,37 | 0,63 | 1,44 | 1,73 | — | 0,11 | 0,39 | 2,44 | 99,89 |
| 8 | Daun, Rheinprovinz *) | I A.—I | A. + B. 82,30 C. 31,20 | 5,32 | 3,70 | 0,28 | 0,73 | 3,36 | — | 0,22 | 4,00 | 1,90 | 100,54 |
| | | | | | | 1,64 | 4,28 | 19,71 | — | 1,03 | 18,66 | 8,86 | 100,00 |
| | | | | | | | | | | 0,05 | 1,22 | 1,63 | 99,18 |
| | | | | | | 5,01 | 11,44 | 13,74 | — | 0,39 | 9,69 | 12,95 | 100,00 |
| | | | | | | | 0,73 | 3,36 | — | 0,73 | 1,25 | 1,68 | 99,35 |
| | | | | | | | 4,28 | 19,71 | — | 4,28 | 7,33 | 9,86 | 100,00 |

*) Frisches Bruchmaterial. †) Baumaterial von den am besten erhaltenen Stellen. ††) Baumaterial von den am meisten verwitterten Stellen.

Anmerkung. A.: Analyse des Salzsäureauszuges; B.: desgl. des Schwefelsäureauszuges;
C.: Prozentuale Berechnung der gelöststen Bestandteile.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | Rückstand | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | CO ₂ | SiO ₂ | Gltverlust | Summe |
|------------------------|------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|
| Culm. Q.-Kl. I. A. | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Landshut, Schlesien *) | I A | A. 88,03 A. + B. 82,93 C. | 4,57 8,25 46,27 | 3,73 4,04 22,66 | 0,27 0,27 1,51 | 0,15 0,38 2,13 | 0,65 1,54 8,64 | — | 0,13 0,13 0,73 | 0,27 0,55 3,08 | 2,67 2,67 14,98 | 100,47 100,76 100,00 |
| 10 | Langenbrück, Kr. Neustadt, Schlesien †) | I A | A. 87,09 A. + B. 80,94 C. | 2,96 7,26 36,89 | 3,54 3,98 20,22 | 0,46 0,46 2,34 | 1,06 1,51 7,67 | — 1,67 8,49 | — | 0,19 0,19 0,96 | 0,38 0,69 3,51 | 3,92 3,92 19,92 | 99,60 100,62 100,00 |
| 11 | Langenbrück, Kr. Neustadt, Schlesien ††) | I A | A. 86,27 A. + B. 80,45 C. | 3,31 7,01 34,74 | 3,85 4,26 21,11 | 0,95 0,95 4,71 | 2,06 2,49 12,34 | — 1,66 8,22 | — | 0,76 0,76 3,76 | 0,29 0,53 2,63 | 2,52 2,52 12,49 | 100,01 100,63 100,00 |
| Devon. Q.-Kl. I, I—II. | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Am Weißberg, Dillkreis, Wiesbaden †) | I—II | A. + B. 80,21 C. | 9,68 47,43 | 0,40 1,96 | 2,35 11,51 | 1,03 5,05 | 3,43 16,81 | — | 0,11 0,54 | 0,87 4,26 | 2,54 12,44 | 100,62 100,00 |
| 13 | Siebertal b. Herzberg ††) | I—II | A. 83,86 A. + B. 76,80 C. | 3,58 8,75 35,24 | 3,67 4,00 16,11 | 2,41 2,41 9,71 | 2,17 2,64 10,63 | — 1,67 6,73 | — | 1,89 1,89 7,61 | 0,29 0,60 2,42 | 2,87 2,87 11,55 | 100,74 101,63 100,00 |
| 14 | Ronsdorf, Kr. Lennep, Rheinprovinz ††) | I—II | A. 89,32 A. + B. 78,31 C. | 3,39 10,22 47,16 | 3,79 4,63 21,37 | 0,25 0,25 1,15 | 0,25 0,47 2,17 | 0,46 2,72 12,55 | — | 0,13 0,13 0,60 | 0,34 0,52 2,40 | 2,73 2,73 12,60 | 100,66 99,98 100,00 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------------------------------------|-----------|---------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|
| 15 | Burg a. d. Wupper, Rheinprovinz †) | I | A. 89,14 A. + B. 80,10 C. | 3,01 10,24 49,78 | 4,01 4,26 20,71 | — — — | 0,76 0,93 4,52 | 0,64 1,61 7,83 | — | 0,17 0,17 0,82 | 0,10 0,31 1,51 | 3,05 3,05 14,83 | 100,88 100,67 100,00 |
| 16 | Kochem a. d. Mosel *) | I—II | A. + B. 83,55 C. | 3,92 24,59 | 4,74 29,74 | 0,73 4,58 | 1,33 8,34 | 1,98 12,42 | — | Sp. — | 0,88 5,52 | 2,36 14,81 | 99,49 100,00 |
| 17 | Nette- und Rahmede-Tal b. Altens, Westfalen ††) | I—II | A. 81,99 A. + B. 69,82 C. | 5,67 9,37 31,12 | 5,35 6,08 20,19 | 0,36 1,94 6,44 | 1,61 1,51 5,02 | — 6,12 20,33 | — | 0,56 0,38 1,26 | 0,27 1,24 4,11 | 4,05 3,47 11,53 | 99,86 99,93 100,00 |
| 18 | Schwelm, Kr. Hagen, Westfalen †) | I—II, III | A. 86,43 A. + B. 79,61 C. | 2,69 4,63 23,10 | 3,49 3,83 19,11 | 1,54 0,34 1,70 | 1,24 2,53 12,63 | — — — | — | 1,27 1,01 5,04 | 0,25 1,57 7,83 | 2,50 2,30 11,48 | 99,41 99,65 100,00 |
| Culm. Q.-Kl. I, I—II. | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Altenau, Kr. Zellerfeld, Hildesheim ††) | I—II | A. 85,91 A. + B. 80,68 C. | 4,81 8,30 41,73 | 4,30 4,51 22,67 | 0,84 0,84 4,23 | 0,63 0,88 4,42 | — 1,44 7,24 | — | 0,64 0,64 3,22 | 0,22 0,41 2,06 | 2,87 2,87 14,43 | 100,22 100,57 100,00 |
| 20 | Klausthal †) | I—II | A. + B. 67,80 C. | 10,80 32,63 | 2,85 8,61 | 0,34 1,03 | 1,25 3,78 | 3,41 10,30 | — | 0,20 0,60 | 11,55 34,89 | 2,70 8,16 | 100,90 100,00 |
| Devon. Q.-Kl. II, II—III. | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Lennetal b. Letmathe, Westfalen ††) | I—II, II | A. 89,23 A. + B. 83,49 C. | 2,85 6,42 37,91 | 3,84 4,74 27,99 | 0,47 0,47 2,78 | 0,91 1,31 7,75 | — 1,01 5,96 | — | 0,51 0,51 3,02 | 0,33 0,61 3,61 | 1,86 1,86 10,98 | 100,00 100,42 100,00 |
| 22 | Oberlahnstein, Rheingau-Kr. †) | II | A. + B. 88,47 C. | 3,40 29,98 | 1,29 11,38 | 0,33 2,91 | 0,67 5,90 | 2,75 24,25 | — | 0,70 6,17 | 0,44 3,89 | 1,76 15,52 | 99,81 100,00 |

Anmerkung. A.: Analyse des Salzsäureauszuges; B.: desgl. des Schwefelsäureauszuges;
C.: Prozentuale Berechnung der gelösten Bestandteile

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | Rückstand | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | CO ₂ | SiO ₂ | Glythverlust | Summe | | |
|----------------------------|----------------------------------------|-----------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|--------------|-------|--------|--------|
| 23 | Schwelmb., Kr. Hagen †) | II—III | A. 91,31 | 2,08 | 2,20 | — | 0,91 | — | — | 0,20 | 0,17 | 2,35 | 99,22 | | |
| | | | A. + B. 80,86 | 7,35 | 3,04 | 0,09 | 1,43 | — | — | — | 1,11 | 3,51 | 1,07 | 100,88 | |
| | | | C. 36,71 | 15,18 | 0,45 | 7,14 | 12,09 | — | — | — | 5,55 | 17,53 | 5,35 | 100,00 | |
| Culm. Q.-Kl. II, II—III. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | Magdeburg †) | II—III | A. + B. 82,47 | 6,56 | 3,00 | 0,82 | 0,61 | — | — | — | — | 0,52 | 2,41 | 100,45 | |
| | | | C. 36,48 | 16,69 | 4,56 | 3,40 | 22,58 | — | — | — | — | — | 2,89 | 13,40 | 100,00 |
| | | | | | | | | | | | | | | 4,06 | — |
| Devon. Q.-Kl. III, III—VI. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Lissingen b. Gerolstein †) | III, III—IV | A. + B. 72,26 | 7,80 | 3,93 | 0,17 | 1,60 | — | — | — | 0,01 | 9,40 | 2,05 | 100,87 | |
| | | | C. 27,26 | 13,74 | 0,59 | 5,59 | 12,76 | — | — | — | — | — | 32,86 | 7,17 | 100,00 |
| | | | | | | | | | | | | | | 3,65 | — |
| 26 | Schmallenberg, Kr. Meschede, Westf. *) | III—IV | A. 76,69 | 4,35 | 4,90 | 3,97 | 2,02 | — | — | — | 3,26 | 0,40 | 4,11 | 99,70 | |
| | | | A. + B. 54,04 | 15,73 | 6,20 | 4,41 | 2,32 | — | — | — | — | 0,20 | 4,80 | 6,48 | 100,16 |
| | | | C. 34,11 | 13,44 | 9,56 | 5,03 | 12,97 | — | — | — | — | 0,43 | 10,41 | 14,05 | 100,00 |
| 27 | Siegelerland, Kr. Siegen †) | III—IV | A. + B. 69,18 | 13,48 | 4,20 | 0,50 | 0,74 | — | — | — | — | 2,10 | 3,82 | 100,20 | |
| | | | C. 43,45 | 13,54 | 1,62 | 2,38 | 19,92 | — | — | — | — | — | 6,78 | 12,31 | 100,00 |
| | | | | | | | | | | | | | | 6,18 | — |

Culm. Q.-Kl. III, III—IV.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|-----|---------------|-------|------|------|------|---|---|---|------|------|------|--------|-------|--------|
| 28 | Klausthal ††) | III | A. 87,89 | 3,45 | 3,81 | 0,24 | 1,55 | — | — | — | 0,11 | 0,18 | 3,36 | 100,59 | | |
| | | | A. + B. 79,75 | 8,99 | 4,28 | 0,24 | 2,00 | — | — | — | — | — | 0,11 | 0,54 | 3,36 | 101,22 |
| | | | C. 41,87 | 19,93 | 1,12 | 9,32 | 9,08 | — | — | — | — | — | 0,51 | 2,52 | 15,65 | 100,00 |

Devon. Q.-Kl. IV, V, VI.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------------------------------|------|---------------|-------|------|------|------|------|---|---|------|------|------|--------|-------|--------|
| 29 | Leutersdorf, Kr. Neuwied †) | IV—V | A. 82,80 | 6,29 | 5,37 | 0,19 | 1,17 | — | — | — | 0,13 | 0,43 | 4,32 | 100,70 | | |
| | | | A. + B. 67,72 | 18,08 | 5,99 | 0,19 | 1,41 | — | — | — | — | — | 0,13 | 0,61 | 4,32 | 101,65 |
| | | | C. 53,29 | 17,65 | 0,56 | 4,16 | 9,43 | — | — | — | — | — | 0,38 | 1,80 | 12,73 | 100,00 |
| 30 | Remagen, Rheinprovinz †) | V | A. 89,82 | 2,94 | 3,39 | 0,19 | 0,93 | — | — | — | 0,02 | 0,10 | 2,86 | 100,25 | | |
| | | | A. + B. 81,21 | 9,40 | 3,80 | 0,19 | 1,38 | — | — | — | — | — | 0,02 | 0,38 | 2,86 | 100,92 |
| | | | C. 47,70 | 19,28 | 0,96 | 7,00 | 8,52 | — | — | — | — | — | 0,10 | 1,93 | 14,51 | 100,00 |
| 31 | Remagen, Rheinprovinz ††) | V—VI | A. 83,83 | 4,18 | 5,50 | 0,43 | 1,32 | — | — | — | 0,15 | 0,18 | 4,92 | 100,51 | | |
| | | | A. + B. 68,96 | 15,20 | 6,33 | 0,43 | 1,88 | — | — | — | — | — | 0,15 | 0,49 | 4,92 | 100,63 |
| | | | C. 47,40 | 19,74 | 1,34 | 5,86 | 8,32 | — | — | — | — | — | 0,47 | 1,53 | 15,34 | 100,00 |
| 32 | An der unteren Ruhr ††) | V | A. 93,77 | 0,92 | 1,71 | 0,21 | 0,64 | 0,39 | — | — | — | — | — | — | — | |
| | | | A. + B. 84,84 | 7,74 | 2,02 | 0,21 | 0,87 | 1,51 | — | — | — | — | — | — | — | |
| | | | C. 50,99 | 13,31 | 1,38 | 5,73 | 9,95 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 33 | Weldergoven, Rheinprovinz †) | VI | A. 88,05 | 1,69 | 4,11 | 0,69 | 0,66 | — | — | — | — | — | — | — | | |
| | | | A. + B. 77,97 | 9,86 | 4,52 | 0,69 | 0,96 | 1,86 | — | — | — | — | — | — | | |
| | | | C. 42,70 | 19,58 | 2,99 | 4,16 | 8,05 | — | — | — | — | — | — | — | | |

*) Frisches Bruchmaterial. †) Baumaterial von den am besten erhaltenen Stellen. ††) Baumaterial von den am meisten verwitterten Stellen.

586. Minimal- und Maximalwerte (Gew.-%) der chemischen Bestandteile verschiedener Qualitätsklassen.
 2. Zusammenfassende Resultate.

| Qualitäts- klasse — (Anzahl der ausgeführten Analysen) | In Säuren unzer- setzbare Bestand- teile | | In Säuren zersetzte Bestand- teile | | Prozentuale Berechnung der in Säuren zersetzten Bestandteile | | | | | | | | | | Glüh- verlust | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|---------|---------|
| | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Al ₂ O ₃ | | Fe ₂ O ₃ | | CaO | | MgO | | (K, Na) ₂ O | | CO ₂ | | SiO ₂ | | | |
| | | | | | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum |
| IA (11 Anal.) | 77,68 | 86,59 | 12,59 | 22,93 | 13,83 | 52,73 | 8,33 | 30,76 | 0,09 | 21,78 | 1,27 | 12,34 | 8,22 | 19,71 | 0,39 | 11,51 | 2,01 | 36,81 | 7,23 | 19,92 |
| I—II (7 Anal.) | 67,80 | 83,55 | 15,94 | 33,10 | 24,59 | 49,78 | 1,96 | 29,74 | 1,03 | 11,51 | 2,17 | 10,63 | 6,73 | 16,81 | 0,54 | 7,61 | 1,51 | 34,89 | 8,16 | 14,83 |
| II (3 Anal.) | 69,82 | 88,47 | 11,34 | 30,11 | 29,98 | 37,91 | 11,38 | 27,99 | 2,78 | 6,44 | 5,02 | 7,75 | 5,96 | 24,25 | 1,26 | 6,17 | 3,61 | 4,11 | 10,98 | 15,52 |
| II—III (5 Anal.) | 72,26 | 82,47 | 17,98 | 28,61 | 23,10 | 41,87 | 13,74 | 19,93 | 0,45 | 4,56 | 3,40 | 12,63 | 9,08 | 22,58 | 0,03 | 5,55 | 2,52 | 32,86 | 5,35 | 15,65 |
| III—IV (3 Anal.) | 69,18 | 76,69 | 28,61 | 46,12 | 27,26 | 34,45 | 13,44 | 13,74 | 0,59 | 9,56 | 2,38 | 5,59 | 12,76 | 19,92 | 0,03 | 0,43 | 6,78 | 10,41 | 7,17 | 14,05 |
| IV—V (4 Anal.) | 67,72 | 84,84 | 15,18 | 33,93 | 47,70 | 53,29 | 13,31 | 19,28 | 0,56 | 1,38 | 4,16 | 7,00 | 8,52 | 9,95 | 0,10 | 1,19 | 1,38 | 1,93 | 12,73 | 16,07 |
| V—VI (2 Anal.) | 68,96 | 77,97 | 22,09 | 31,07 | 42,70 | 47,40 | 19,58 | 19,74 | 1,34 | 2,99 | 4,16 | 5,86 | 8,05 | 8,32 | 0,47 | 9,57 | 1,30 | 1,53 | 11,65 | 15,34 |

587. Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich folgendes:

1. Zwischen den Qualitäten der Grauwacken und ihrem Gehalt an in Säuren zersetzbaren Bestandteilen bestehen keine konstanten Beziehungen;
2. der Minimalgehalt an tonigen Substanzen ist zwar in der Gruppe der schlechteren Gesteine beträchtlich größer als in den besseren Abänderungen, doch kommen andererseits auch vorzüglich wetterbeständige Grauwacken mit hohem Tonerdegehalt vor. Die letztere Erscheinung findet ihre Erklärung in dem Auftreten tonhaltigen Porenzements in Gesteinen mit kieseliger Kornbindung;
3. ein größerer Gehalt an kohlensaurem Kalk vermag die Qualität des Gesteins im allgemeinen nicht erheblich zu beeinträchtigen (ausgenommen hiervon sind kalkhaltige Gesteine mit reichlicher Eisenkies-Einsprengung);
4. der Gehalt an unzersetzten Silikaten (Feldspat, Augit, Hornblende usw.) läßt keinerlei Einwirkung auf die Gesteinsqualität erkennen.

Die **chemische, wie die mechanische Verwitterung** der Grauwacken vollzieht sich in der für Sandsteine (Abs. 499—502 S. 399 u. f.) geschilderten Weise, und ebenso sind die **äußeren Verwitterungserscheinungen** bei beiden Gesteinsarten die gleichen. (Näheres s. Abs. 503—505 S. 394 u. f.)

Kapitel 41.

Spezielle Prüfungsmethoden.

A. Mikroskopische Bestimmung und Ausmessung der Kornbindung.

588. Die Bestimmung der Kornbindungszahl und des Kornbindungsmaßes geschieht in gleicher Weise, wie in Abs. 507 und 508 S. 407 u. f. für Sandsteine angegeben worden ist, nur werden die leicht verwitterbaren Körner (weiche Tonschieferbrocken, stark verwitterte Feldspatkörner usw.) bei der Ausmessung außer Betracht zu lassen sein. Dagegen ist bei Grauwacken mit kieseligem Porenzement die Ausfüllung der Poren den wetterbeständigen körnigen Bestandteilen zuzuzählen, und aus der Summe dieser Gemengteile die Zahl und das Maß der Kornbindung zu bestimmen.

Wenn die nach Abzug der verwitterbaren Körner verbleibende „Restbindung“ eine sehr ungleichmäßige ist, wie das in der Regel der Fall zu sein pflegt, dann muß für die Qualitätsbestimmung des Gesteins die Durchschnittszahl der niederen Bindungsstufen zugrunde gelegt werden.

Bei unregelmäßiger Struktur des Gesteins kann die „Restbindungszahl“ Bz_1 näherungsweise nach der Formel:

$$Bz_1 = Bz \left(1 - \frac{1}{v} \right) - 1$$

bestimmt werden, bei welcher Bz die durchschnittliche Bindungszahl sämtlicher körnigen Gemengteile und $\frac{1}{v}$ den Bruchteil an verwitterbaren Körnern bedeutet.

Beispiel: Die durchschnittliche Bindungszahl sämtlicher Körner sei = 6; die auszuschheidende Quote der verwitterbaren Körner betrage $\frac{1}{3}$ der Gesamtsumme, dann ist die Restbindung Bz_1 annähernd = $6 \left(1 - \frac{1}{3} \right) - 1 = 3$. (Siehe auch die Fußnote zu dem Hilfsschema Abs. 601 S. 503.)

B. Mineralogische Zusammensetzung des Bindemittels und Strukturtypen desselben.

589. Sämtliche Bindemittel-Typen, welche für Sandsteine in Abs. 511 S. 411 angeführt sind, treten auch in den Grauwacken auf; überdies aber noch die tonschiefrigen Zemente als eine besonders charakteristische Erscheinung dieser Gesteinsart. Dabei finden sich starke Silifizierungen ungleich häufiger als bei den Sandsteinen, und es können dadurch die tonschiefrigen und tonigen Zemente wie auch dergleichen körnige Beimengungen einen hohen Grad von Wetterbeständigkeit erlangen. Alles, was in Abschn. B, S. 409—415 von der Beschaffenheit und Bewertung der Sandstein-Bindemittel gesagt worden ist, gilt auch für die Grauwackenzemente.

C. Die Kornbindungsfestigkeit und ihre Verminderung durch Wassereinwirkung.

590. Für die Bestimmung der Kornbindungsfestigkeit, sowie für die Beurteilung des Einflusses derselben auf die Qualität des Gesteins ist die in Abschn. A, S. 407—409 und insbesondere Abs. 296—300 S. 189—192 gegebene Anleitung unter der Voraussetzung maßgebend, daß die körnigen Bestandteile leicht verwitterbare Substanzen in größerer Menge nicht enthalten. Andernfalls sind jene verwitterbaren Gemeng-

teile aus der Summe der körnigen Bestandteile auszuschneiden und der Quantität des Porenzements zuzuzählen.

Die gleiche Regel gilt für die Feststellung des Erweichungskoeffizienten, s. Abschn. C, S. 416.

D. Bestimmung der Porositätsverhältnisse und die Frostprüfung.

591. Die Feststellung des Porositätskoeffizienten, des Verteilungs- und Sättigungskoeffizienten geschieht nach den für die Untersuchung der Sandsteine in Abschn. D, S. 418 angegebenen Methoden. Dasselbe gilt auch für die Ausführung der Frostprüfung, Abschn. F, S. 422.

E. Färbungsversuche zur Ermittlung der allgemeinen Strukturverhältnisse.

592. Die Färbungsversuche werden nach der in Abschn. E, S. 420 enthaltenen Anleitung ausgeführt und unterliegen der gleichen Beurteilung, wie die Ergebnisse der Sandsteinuntersuchung. Daneben ist jedoch zu berücksichtigen, daß die etwa unter den körnigen Bestandteilen enthaltenen Tonschieferbrocken in gleicher Weise wie tonschiefrige Bindemittel eine beträchtliche Durchfärbung erfahren, die in dem Maße an Intensität abnimmt, als diese Gemengteile eine stärkere Silifizierung aufweisen.

F. Chemische Untersuchung.

1. Die Bedeutung der chemischen Analyse für die Wetterbeständigkeitsprüfung.

593. Die bereits bei Beschreibung der Sandstein-Untersuchung hervorgehobene Schwierigkeit, aus dem Resultat der chemischen Analyse einen sicheren Anhalt für die Beurteilung der mineralogischen Zusammensetzung des Bindemittels zu gewinnen (s. Abschn. G, S. 426), wird für die Untersuchung der Grauwacken noch durch den Umstand erhöht, daß hier auch ein Teil der körnigen Bestandteile durch Behandlung des Gesteins mit Säuren der Zersetzung unterliegen kann. Nur wenn durch mikroskopische Untersuchung die Abwesenheit derartiger Gemengteile nachgewiesen ist, gestattet die Analyse eine näherungsweise Feststellung der chemischen Zusammensetzung des Bindemittels, sowie die Bestimmung des Mengenverhältnisses, welches zwischen diesem und den körnigen Bestandteilen obwaltet.

Es wird deshalb die chemische Analyse der Grauwacken sich darauf beschränken müssen, folgende Gesteinseigenschaften festzustellen:

1. Die chemische Zusammensetzung des Bindemittels exkl. des staubförmig beigemengten und des als Infiltrationsprodukt auftretenden Quarzes, falls die körnige Bestandmasse frei von solchen in Säuren zersetzbaren Gemengteilen ist;
2. das näherungsweise Mengenverhältnis des Bindemittels und der körnigen Bestandteile unter der zu 1 angeführten Beschränkung;
3. den Gehalt an amorpher Kieselsäure;
4. den Gehalt an Karbonaten und solchen akzessorischen Gemengteilen, welche nicht mit der wesentlichen Bestandmasse des Gesteins von gleichartigem, chemischem Charakter sind (Eisenkies, kohlige Beimengungen usw.);
5. den Gehalt an in Wasser löslichen Zersetzungsprodukten, wie solche namentlich durch Verwitterung von Eisenkies im Bruchgestein entstehen können.

2. Gang der Analyse.

594. Von dem zu untersuchenden Gestein, und zwar von verschiedenen Stellen der Probestücke, werden zusammen etwa 50 g entnommen, grob zerkleinert und gut gemischt. Hiervon sind ca. 3 g in der Achatschale staubfein zu pulvern und 1 Stunde im Luftbade bei 100° C. zu trocknen.

Etwa 2 g dieses Gesteinspulvers werden mit 200 ccm konz. Salzsäure in einem Becherglase 1 Stunde auf dem Wasserbade digeriert, worauf die Lösung nach Verdünnung mit Wasser filtriert wird. Zur Abscheidung der gelösten Kieselsäure dampft man die Salzsäurelösung zur Trockne ein und bestimmt darin Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O und Na_2O , wie in Abs. 4 und 5 Seite 429 angegeben ist.

Der in Salzsäure unlösliche Rückstand wird geglüht und gewogen; alsdann in einem Kjeldahl-Kolben mit 50 ccm konz. Schwefelsäure übergossen und 4 Stunden lang gekocht. Nach dem Erkalten gibt man den Inhalt des Kolbens in ein zur Hälfte mit Wasser gefülltes kleines Becherglas, indem man die schwefelsaure Lösung unter Umrühren in dünnem Strahl einfließen läßt, und digeriert auf dem Wasserbade, nach Zusatz von Salzsäure, 4—5 Stunden. Darauf wird filtriert, der Rückstand geglüht und gewogen.

Die schwefelsaure Lösung wird zur Abscheidung der Kieselsäure zur Trockne eingedampft, der Rückstand mit Salzsäure aufgenommen und darin Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O in gleicher Weise wie oben angegeben bestimmt.

Die quantitative Feststellung des etwaigen Gehalts an Kohlensäure sowie des Glühverlustes wird an besonderen Proben von je 2 g bewirkt.

Schwefelbestimmung. Etwa 5 g einer fein gepulverten und getrockneten Durchschnittsprobe werden zunächst in einem Becherglase mit 750 ccm destilliertem Wasser auf dem Wasserbade, unter häufigem Umrühren, 1 Stunde lang erwärmt. In dem mit HCl angesäuerten Filtrat wird ein etwaiger Gehalt an Schwefelsäure (herrührend aus der Eisenkieszersetzung im Gestein) mittels Chlorbaryum gefällt.

Der Rückstand nebst dem Filter wird in einer Schale mit 100 ccm rauchender Salpetersäure übergossen; alsdann dampft man auf dem Wasserbade zur Trockne ein, gibt etwas Salzsäure hinzu, verdünnt stark mit Wasser und digeriert 1 Stunde lang. In dem Filtrat wird die Schwefelsäure in üblicher Weise bestimmt.

Kapitel 42.

Die systematische Ausführung der Prüfung.

595. Die **Beschreibung des Gesteins** hat folgende Eigenschaften zu berücksichtigen, soweit sich dieselben nach ihrer äußeren Erscheinungsweise, ev. mit Hilfe der Lupe, feststellen lassen:

1. Farbe, 2. Färbungsmittel, 3. Größe und Gleichmäßigkeitsgrad der Körnung, 4. Art der Kornbindung, 5. Mineralogische Beschaffenheit der körnigen Bestandmasse unter Angabe der vorherrschenden und untergeordneten Bestandteile, 6. Mineralogische Beschaffenheit der Zwischenmasse, 7. Porositätsgrad, 8. Art der Schichtung und ev. Grad der Schieferung und 9. Festigkeit.

596. Für die eigentliche **Prüfung** kommt die Bestimmung folgender Gesteinseigenschaften in Betracht:

1. Die Druck- bzw. Zugfestigkeit;
2. Die Kornbindungsfestigkeit;
3. Die Abnutzungshärte (bei Straßenbaumaterialien);
4. Das Raumgewicht;
5. Der Porositätsgrad und die Wasseraufnahme;
 - a) Absolute Porosität;
 - b) Relative Porosität;
 - c) Sättigungskoeffizient;
 - d) Verteilungskoeffizient, bei geschichteten Gesteinen.
6. Die Erweichbarkeit im Wasser;
7. Die Mikrostruktur;
 - a) Art der Kornbindung;
 - b) Bindungsmaß und Bindungszahl bzw. Kontinuitätsgrad der Flächenbindung;
 - c) Mineralogische Beschaffenheit des Kontakt- und Porenzements;
 - d) Schichtungstypus;
 - e) Durchmesser der körnigen Bestandteile und Anzahl auf 1 qcm;

8. Das Verhalten gegen Farblösungen, behufs Erkennung versteckter Schichtfugen, Risse und Druckspalten, sowie des Gleichmäßigkeitsgrades der Struktur;
9. Der Gehalt an körnigen Bestandteilen und an Zwischenmasse;
10. Die Frostbeständigkeit;
11. Der Gehalt an etwaigen für die Gesteinsbeschaffenheit ungünstigen chemischen Bestandteilen;
12. Der Wetterbeständigkeitsgrad nach Maßgabe des Gesamtergebnisses der Prüfung.

597. Anweisung zur Ausführung der einzelnen Prüfungen.

Die Prüfungen gelangen im allgemeinen nach den für Sandsteine angegebenen Methoden s. Abs. 535 S. 432 zur Ausführung, unter Berücksichtigung der in Kap. 41 S. 494—498 speziell für Grauwacken erläuterten Gesichtspunkte.

Kapitel 43.

Bewertung der Prüfungsergebnisse.

598. Die in Abs. 537 S. 434 für die Sandsteine gegebene Zusammenstellung der mikroskopischen Strukturelemente und ihrer Signatur gilt auch für die Grauwacken.

Als Ergänzung ist lediglich das tonschiefrige Bindemittel (ts) hinzuzufügen. Gesteine mit derartigen Zementen werden mit Kd_{ts} bzw. Kb_{ts} bezeichnet, je nachdem das Bindemittel als Kontakt- oder Basalzement ausgebildet ist.

Die in den Grauwacken neben Quarz auftretenden körnigen Gemengteile finden sich auch als untergeordnete Nebenbestandteile in den Sandsteinen und sind in Abs. 000 S. 000 zusammengestellt.

A. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.

599. Wie die nachfolgenden mikroskopischen Abbildungen erkennen lassen, sind die Strukturverhältnisse der Grauwacken denen der Sandsteine außerordentlich ähnlich, und wenn der Quarz den wesentlichen Gemengteil der körnigen Bestandsmasse darstellt, dann bilden sich Übergangsglieder zwischen beiden Gesteinsarten aus. Andererseits kann aber auch durch eine mannigfache Zusammensetzung der körnigen

Gemengteile, wie durch das Vorwalten eines tonschiefrigen Bindemittels ein von den Sandsteinen sehr verschiedenes Gestein entstehen.

Anmerkung. In den Erläuterungen der Abbildungen ist zwischen der Qualitätsklasse Q des Gesteins und der Qualitätsziffer Q_1 seines Strukturtypus unterschieden worden. Demgemäß bezieht sich der Wert für Q_1 lediglich auf die strukturelle Ausbildung des Gesteins, ohne Rücksicht auf andere Eigenschaften, welche den Wetterbeständigkeitsgrad ev. beeinflussen können. Ist $Q_1 = Q$, so deutet dies darauf hin, daß die Qualität des Gesteins lediglich durch seine Strukturverhältnisse bedingt wird.

Die den laufenden Nummern in Klammern beigefügte Zahlen beziehen sich auf die Spezialuntersuchung des Gesteins in der tabellarischen Zusammenstellung Teil XIX.

Fig. 238 (Nr. 191). Grauwacke von Langenbrück bei Neustadt (Schlesien). Vergr. $32 \times$. Aufn. im pol. Licht.

Kornbindung durch sehr stark silifiziertes Basalzement, innerhalb der zusammenhängenden Korngruppen durch gleiches Kontaktzement. Textur- und Strukturporen mit demselben Zement erfüllt. Körnige Gemengteile: vorwiegend Quarz, sehr wenig Kieselschiefer- und Tonschieferbrocken, vereinzelt Feldspatkörner.

Typ. Kb_2 ; x_{II-III} ; Intergranular: Kd_2 mit p_2 ; π_2 . $Q_1: 1,5$.
Q: I—II.



Fig. 238.



Fig. 239.

Fig. 239 (Nr. 200). Grauwacke von Landeshut (Schlesien). Vergr. $18 \times$. Aufn. im pol. Licht.

Schichtung durch diskontinuierliche parallele Kornlagen mit kurzen Bindungsintervallen; Zwischenmasse vorwiegend granulös-quarzig, z. T. zeolithisch. Kornbindung durch kieseliges Kontaktzement. Körnige Gemengteile: Quarz, Quarzit, Kieselschiefer mit spärlichem Tonschiefer und Glimmer. Ohne Texturporen, aber mit reichlichen, leeren Strukturporen.

Typ. Sm VIII, Z_γ , x_{II} . Kd_β [p] π_0 . $Q_1: 1$. Q: I.

Fig. 240 (Nr. 196). Grauwacke vom Oberharz. Vergr. 39 ×. Aufn. im pol. Licht.

Unvollkommene Schichtung durch annähernd parallele Anordnung von Korngruppen und einzelnen Körnern, mit einer tonschiefrigen, stark silifizierten Zwischen- bzw. Basalmasse, welche in fluidaler Anordnung stenglige, fasrige und spießige Mikrolithe enthält. Intergranulare Bindung durch mäßig silifiziertes Kontaktzement. Körnige Gemengteile: Quarz nebst untergeordnetem Feldspat und Tonschiefer. Strukturporen mit schwach silifiziertem Zement erfüllt.

Typ. $\text{Kb}_2 \pi_{4-5}$ (Sm VII—VIII) z_2 . $Q_1: 2,8$. Q: II—III.

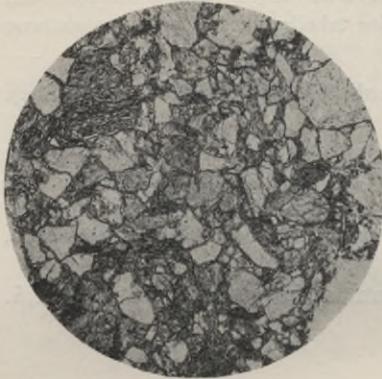


Fig. 240.

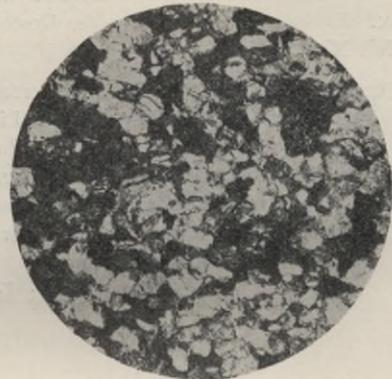


Fig. 241.

Fig. 241 (Nr. 210). Grauwacke von Schwelm (Westfalen). Vergr. 27 ×. Aufn. im pol. Licht.

Deutlich geschichtet durch diskontinuierliche, parallele Kornlagen mit größeren Bindungsintervallen; die stark silifizierte Zwischenmasse enthält reichlich spießige und nadelförmige Mikrolithe. Vorwaltend unmittelbare Kornbindung; untergeordnete Bindung durch stark silifiziertes Kontaktzement. Körnige Gemengteile: Vorwaltend Quarz mit Magnesiaglimmer und spärlichem Feldspat.

Typ. Sm VI Z_{2-3} . $\frac{K}{0,1 \text{ Kd}_{2-3}}$. $Q_1: 2$. Q: II—III (Frostwirkung).

Fig. 242 (Nr. 217). Grauwacke von Remagen (Rheinland). Vergr. 39 ×. Aufn. im pol. Licht.

Deutlich geschichtet durch parallele Lagen von verschiedener Körnung und Bindung. a) Diskontinuierliche Kornlagen durch Zwischenmasse vollständig getrennt; b) isolierte Körner in Basalzement. Zwischenmasse bzw. Basalzement ziemlich stark silifiziert, mit kohligem Lamellen durchflochten. Körnige Gemengteile: Fast ausschließlich Quarz, mit reichlichen Kohlenschmitzen quer zur Schichtung durchwachsen.

Typ. Sm XII b $\frac{VII}{VIII} Z_4$. $Q_1: 4,3$. Q: V—VI (Frostwirkung).

Fig. 243 (Nr. 190). Grauwacke von Weldergoven, Kr. Siegburg (Rheinland).
Vergr. 39 \times . Aufn. im pol. Licht.

Unvollkommen geschichtet durch parallele diskontinuierliche Kornlagen, welche mehr oder weniger vollkommen durch Zwischenmasse getrennt sind; letztere ziemlich stark silifiziert. Textur- und Strukturporen enthalten ebenfalls ein ziemlich stark silifiziertes Zement. Körnige Gemengteile: Vorwiegend Quarz mit wenig Tonschiefer und Glimmer. Unmittelbare, intergranulare Bindung.

Typ. Sm VI—VII Z₄. Kp₄ π_4 . Q₁: 3,5. Q: V—VI (Frostwirkung).

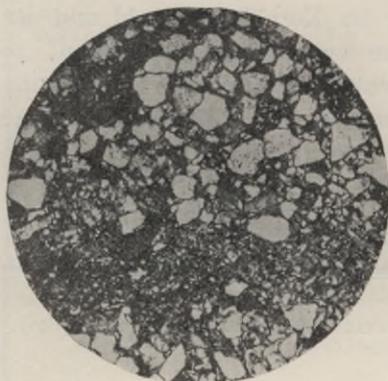


Fig. 242.

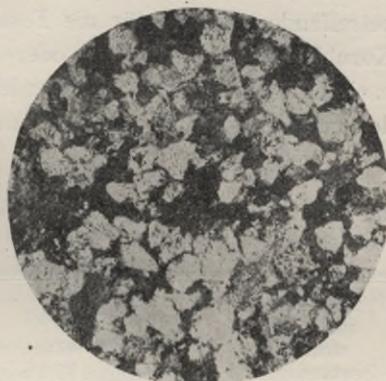


Fig. 243.

B. Schemata zur Qualitätsbestimmung der Grauwacken.

600. Bei der speziellen Bestimmung des Wetterbeständigkeitsgrades der Grauwacken kommen, wie bereits bemerkt, folgende Eigenschaften bezw. Untersuchungsergebnisse in Betracht:

1. die substanzielle Art der Kornbindung (Kornbindungstypus);
2. die Qualität des Kontakt- und Porenzements;
3. die Intensität der Kornbindung, ausgedrückt durch Bindungsmaß und Bindungszahl, sowie durch die Kornbindungsfestigkeit;
4. der Gehalt an zersetzbaren körnigen Bestandteilen (angewittertem Feldspat, Tonschiefer- und Kalkbrocken, letztere insbesondere bei eisenkieshaltigen Gesteinen);
5. der Grad der Wassererweichung;
6. der Sättigungskoeffizient bezw. der Frostbeständigkeitskoeffizient;
7. der Verteilungskoeffizient, bei geschichteten Gesteinen;

8. der Schichtungstypus;
9. das Ergebnis der künstlichen Gesteinsfärbung;
10. der Gehalt an zersetzbaren, akzessorischen Gemengteilen (Eisenkies, kohlige Substanzen).

601. Die Feststellung der Gesteinseigenschaften zu 1—3 und 5—10 geschieht nach der in Abs. 491 S. 365 und Abs. 507—514 S. 407 u. f. gegebenen Anleitung.

Der Gehalt an leicht zersetzbaren körnigen Gemengteilen (s. oben zu 4) wird durch die mikroskopische Untersuchung bestimmt und bei der Bewertung des Gesteins dadurch in Rechnung gestellt, daß die betreffenden Körner für die Festsetzung der Kornbindungszahl und des Kornbindungsmaßes ganz oder teilweise außer Betracht bleiben, je nachdem sie mehr oder weniger leicht verwitterbar sind. Die Bestimmung des reduzierten Bindungsmaßes geschieht nach folgendem Schema:

Hilfsschema

zur Reduktion des Bindungsmaßes (Bm) bei einem Gehalt an leicht verwitterbaren Gemengteilen in der körnigen Bestandmasse der Grauwacken.

| Bindungsmaß der wetterbeständigen Körner | Verwitterbarkeit der wetterunbeständigen Körner ¹⁾ | Gesamtes Kornbindungsmaß (Bm) | | | |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | 0,8—1 | 0,6—0,8 | 0,4—0,6 | 0,2—0,4 |
| | | Reduziertes Kornbindungsmaß (Bm _r): | | | |
| 0,6—0,8 | Ziempl. leicht verwitterbar | 0,7—0,9 | — | — | — |
| | leicht „ | 0,66—0,86 | — | — | — |
| | sehr leicht „ | 0,6—0,8 | — | — | — |
| 0,4—0,6 | Ziempl. leicht verwitterbar | 0,6—0,8 | 0,5—0,7 | — | — |
| | leicht „ | 0,5—0,7 | 0,45—0,65 | — | — |
| | sehr leicht „ | 0,4—0,6 | 0,4—0,6 | — | — |
| 0,2—0,4 | Ziempl. leicht verwitterbar | 0,5—0,7 | 0,4—0,6 | 0,3—0,5 | — |
| | leicht „ | 0,35—0,55 | 0,3—0,5 | 0,25—0,35 | — |
| | sehr leicht „ | 0,2—0,4 | 0,2—0,4 | 0,2—0,4 | — |
| 0,1—0,2 | Ziempl. leicht verwitterbar | 0,45—0,65 | 0,35—0,55 | 0,25—0,45 | 0,15—0,35 |
| | leicht „ | 0,28—0,3 | 0,23—0,38 | 0,18—0,33 | 0,13—0,28 |
| | sehr leicht „ | 0,1—0,2 | 0,1—0,2 | 0,1—0,2 | 0,1—0,2 |

¹⁾ Als „ziemlich leicht verwitterbar“ sind zu betrachten: Körner von trübem Feldspat, mäßig silifiziertem (ziemlich weichen) Tonschiefer und bei mäßigem Eisenkiesgehalt auch Kalksteinkörner; als „leicht verwitterbar“: Körner von sehr trübem Feldspat, sehr schwach silifiziertem (weichem) Ton-

602. Zur Qualitätsbestimmung der Grauwacken werden die für Sandsteine aufgestellten Schemata S. 452 bis 465 verwendet, mit alleiniger Ausnahme des Schema 3, S. 454 und der Ergänzungstabellen 1 und 2 (Abs. 456 und 457), an deren Stelle die folgenden Schemata treten.

Schema 3 für Grauwacken mit Basalzement. Typ. Kb.

| Kb _β | Kb _γ | Kb _δ | Kb _{x₁} | Kb _{x₂} | Kb _{x₃} | Kb _{x₄} | Kb ₂ | Kb ₃ | Kb ₄ | Kb ₅ | Kb ₆ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
| Qualitätsziffer: | | | | | | | | | | | |
| 0,3 | 0,5 | 0,7 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 2,8 | 3,2 | 4,3 | 5,4 | 7,0 |
| Erklärung für die Bezeichnung des Basalzements: | | | | | | | | | | | |
| <p>b_β: grobkrist. Quarz; b_γ: mikrogranulöser Quarz; b_δ: amorphe Kieselsäure; b_{x₁}: zeolith. Substanz in mikrogranulösen Aggregaten; b_{x₂}: desgl. in spießigen Mikrolithen; b_{x₃}: in parallelfaserigen, b_{x₄}: in zentrisch-strahligen Mikrolithen; b₂: mikroklastische bezw. tonige sehr stark silifizierte Substanz; b₃: desgl. stark silifizierte, b₄: ziemlich stark silifizierte, b₅: schwach silifizierte, b₆: nicht merklich silifizierte Substanzen.</p> | | | | | | | | | | | |

603. 1. Ergänzungstabelle für Schema 1 bis 3 zur Bewertung der Schichtungstypen.

Für die Schichtungstypen I, II, IX, X und XII bis XV tritt keine Veränderung der nach Schema 1 bis 6 festgestellten Qualitätsziffern ein,

schiefer und bei reichlichem Eisenkiesgehalt Kalksteinbrocken; „als sehr leicht verwitterbar“: Vollkommen opake, weiche Feldspatkörner, sehr weiche Ton-schieferbrocken und bei sehr reichlichem Eisenkiesgehalt Kalksteinbrocken.

Beispiel für die Benutzung der Tabelle: Eine Grauwacke enthalte als körnigen Gemengteil vorwiegend Quarz, daneben aber auch ziemlich reichlich sehr trüben Feldspat. Das Bindungsmaß (B_m) ist bei Berücksichtigung der gesamten körnigen Bestandmasse 0,6—0,8 nach Ausschaltung der Feldspatkörnchen 0,4—0,6. Alsdann ergibt sich nach obiger Tabelle als reduziertes Bindungsmaß (B_{m_r}) 0,45—0,65, da der Feldspat bei seiner sehr trüben Beschaffenheit als „leicht verwitterbar“ zu betrachten ist.

Auch kann die Tabelle zur Bestimmung der reduzierten Bindungszahl (B_{z_r}) verwendet werden, wenn man die das Bindungsmaß angehenden Zahlen mit 10 multipliziert, so daß also beispielsweise das Bindungsmaß 0,4—0,6 in die Bindungszahl 4—6 verwandelt wird. Angenommen, es wäre in dem vorstehenden Beispiel die Kornbindungszahl für die Gesamtheit der körnigen Gemengteile 4—5, nach Ausschaltung der Feldspatkörner 3—4, so wäre die reduzierte Bindungszahl (B_{z_r}) in der Vertikalkolumne 0,4—0,6 (= 4—6) und in der Horizontalrubrik 0,2—0,4 (= 2—4) aufzusuchen, und man erhält hiernach das Resultat B_{z_r} = 2,5—3,5.

604. 2. Ergänzungstabelle für Schema 1 bis 3

zur Bewertung der Kornbindungsfestigkeit (reduzierte Zugfestigkeit) des Gesteins nach längerer Wasserlagerung.

| ζ_{rw} | 150 | 125 | 98 | 72 | 56 | 44 | 36 | 28 | 20 | 12 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|
| | 144 | 119 | 87 | 66 | 50 | 38 | 30 | 23 | 16 | 9 |
| | 138 | 113 | 81 | 60 | 45 | 33 | 26 | 19 | 13 | 7 |
| Ergänzungsziffern: | | | | | | | | | | |
| Qualitätsziffern nach Schema 1—3: | 0 | 0 | +0,13 | +0,25 | +0,35 | +0,5 | +0,65 | +0,8 | — | — |
| 0,25 | —0,15 | —0,1 | 0 | +0,13 | +0,25 | +0,3 | +0,45 | +0,6 | +0,8 | — |
| 0,5 | —0,25 | —0,25 | —0,15 | 0 | +0,13 | +0,2 | +0,25 | +0,4 | +0,6 | +1,8 |
| 0,75 | —0,5 | —0,4 | —0,3 | —0,2 | —0,1 | 0 | +0,2 | +0,4 | +0,6 | +1,8 |
| 1 | —0,6 | —0,5 | —0,4 | —0,3 | —0,2 | 0 | +0,15 | +0,3 | +0,5 | +1,6 |
| 1,5 | —0,9 | —0,6 | —0,5 | —0,4 | —0,3 | 0 | +0,1 | +0,2 | +0,4 | +1,4 |
| 2 | —1,2 | —1,0 | —0,8 | —0,6 | —0,4 | —0,3 | 0 | +0,1 | +0,3 | +1,3 |
| 2,5 | —1,4 | —1,2 | —1,0 | —0,8 | —0,6 | —0,4 | 0 | +0,05 | +0,2 | +1,1 |
| 3 | — | —1,6 | —1,4 | —1,2 | —1,0 | —0,8 | —0,6 | —0,4 | 0 | +0,6 |
| 4 | — | — | —1,6 | —1,4 | —1,2 | —1,0 | —0,9 | —0,8 | —0,5 | 0 |
| 5 | — | — | — | —2,0 | —1,8 | —1,6 | —1,4 | —1,2 | —1,0 | —0,5 |
| 6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Die nebenstehenden Ergänzungsziffern sind zu den nach Schema 1 bis 3 bezw. der 1. Erg.-Tab. gefundenen Wertziffern nach Maßgabe der Kornbindungsfestigkeit ζ_{rw} zu addieren resp. von denselben zu subtrahieren.

Anmerkung: Beispiele für die Verwendung der Schemata zur Bewertung der Gesteine siehe Abs. 559 bis 564, S. 466 ff. Soll die Druckfestigkeitsbestimmung zur näherungsweise Feststellung der Kornbindung verwendet werden, so wird aus der betreffenden Bestimmung zunächst nach Abs. 141 S. 79 der Zugfestigkeitswert bestimmt und hieraus, sowie aus dem Porositätskoeffizienten nach der Tabelle Abs. 296 S. 189 die Kornbindungsfestigkeit berechnet.

desgl. für die Schichtungstypen III—IV, falls die Zwischenmasse Z dem Porenzement $\beta, \gamma, \delta, x_{1-4}$ entspricht. Für die Schichtungstypen VII—VIII gilt die Qualitätsziffer, welche sich ergibt, wenn die Zwischenmasse Z als Basalzement angenommen wird.

| Schichtungstypen: | Zwischenmasse: | | | | | |
|-------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Z ₂ | Z ₃ | Z ₄ | Z ₅ | Z ₆ | |
| | Reduktionsfaktoren: | | | | | Mit den nebenstehenden Ziffern sind die aus der Kornbindung nach Schema 1 bis 3 gefundenen Qualitätsziffern zu multiplizieren. |
| III | × 1,1 | × 1,15 | × 1,2 | × 1,25 | × 1,3 | |
| IV | 1,15 | 1,2 | 1,25 | 1,3 | 1,35 | |
| V | 1,2 | 1,25 | 1,3 | 1,35 | 1,4 | |
| VI | 1,25 | 1,3 | 1,35 | 1,4 | 1,45 | |
| XI | 1,15 | 1,2 | 1,25 | 1,3 | 1,35 | |

Anmerkung: Die Bestimmung der Zwischenmasse Z₂₋₆ erfolgt nach dem Hilfsschema Abs. 548 S. 455.

Kapitel 44.

Anleitung zur praktischen Beurteilung der Grauwacken nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften.

605. Die für die Sandsteine aufgestellten Regeln zur praktischen Beurteilung ihres Wetterbeständigkeitsgrades (s. Kap. 37 S. 472 u. f.) gelten im allgemeinen auch für die Grauwacken. Eine besondere Berücksichtigung erheischen jedoch folgende Eigenschaften dieser Gesteinsart:

1. Körnige Grauwacken mit sehr reichlichem Gehalt an stark angewittertem Feldspat, Tonschieferbrocken, kohligen Substanzen und, falls das Gestein stark eisenkieshaltig ist, auch an Kalksteinbrocken. Solche Bestandteile können die Qualität des Gesteins mehr oder weniger stark beeinträchtigen; doch ist hierdurch eine bedeutsame Verminderung des Wetterbeständigkeitsgrades im allgemeinen nur dann anzunehmen, wenn die Menge der verwitterbaren körnigen Gemengteile größer als $\frac{1}{6}$ der wetterbeständigen ist.

Um dieses Verhältnis näherungsweise festzustellen, werden auf der glatten Schlagfläche des Gesteins mit der Stahlnadel gerade Linien eingeritzt und an diesen mit Hilfe der Lupe die Zahl der fraglichen Kornarten bestimmt. Die Feldspatkörner dürfen als leicht verwitterbar gelten,

wenn ihre Zersetzung im Bruchgestein bereits soweit vorgeschritten ist, daß sie mit der Nadel leicht ritzbar sind; die Tonschieferbrocken sind als ungünstige Gemengteile zu betrachten, wenn sie nur schwach silifiziert und demnach von geringer Härte sind.

2. Dichte (mikrogranulöse) Grauwacken. Da die Gemengteile dieser Gesteine auch mit der Lupe nicht mehr deutlich zu unterscheiden sind, so ist man hinsichtlich der Qualitätsbestimmung auf die Feststellung der allgemeinen Eigenschaften angewiesen.

Erstklassige Gesteine dieser Art müssen stark silifiziert sein und demnach eine sehr bedeutende Festigkeit und einen derartigen Härtegrad besitzen, daß sie von der Stahlnadel nur bei stärkerem Druck geritzt werden. Auch dürfen diese Eigenschaften nach längerer Wasserlagerung des Gesteins keine namhafte Einbuße erleiden.

Bei größerem Gehalt an Eisenkies sind kalkhaltige, dichte Grauwacken (Prüfung mit Salzsäure auf CO_2) als nicht wetterbeständig zu bezeichnen.

3. Schiefrige Grauwacken und Grauwackenschiefer. Der Grad der Schieferung kann bei dichtem Gestein ein sehr verschiedener sein. Zwischen den tonschieferartigen Grauwacken und solchen, an denen die Schieferung sich nur durch unvollkommen ebene Schlagflächen verrät, finden sich die verschiedensten Zwischengrade.

Ist die Wasseraufsaugung des Gesteins gering (bis zu 5 Gew.-%), so übt die Schieferung keinen namhaften Einfluß auf die Wetterbeständigkeit aus. Bei beträchtlicher Porosität (Wasseraufsaugung 10 bis 15 Gew.-%) besteht dagegen für ausgesprochen schiefrige Grauwacken die Gefahr des Zerfrierns.

VIII. Teil.

Die Kalksteine, Dolomite und Marmorarten, sowie ihre Prüfung.

Kapitel 45.

Allgemeine petrographische Charakteristik.

606. Mit dem Namen **Kalkstein** bezeichnet man alle jene, hinsichtlich ihrer Struktur sehr mannigfach ausgebildeten Gesteinsarten, welche wesentlich aus kohlensaurem Kalk bestehen.

Als chemische Beimengungen können auftreten: Magnesiumkarbonat, Eisen- und Mangankarbonat, Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Eisenhydroxyd, kohlige und bituminöse Substanzen; als akzessorische Mineralgemengteile: Quarz, Ton, Glimmer, Glaukonit, Serpentin und diverse Silikate, Eisenkies, Roteisenstein, Brauneisenstein, Eisenocker und kohlige Substanzen.

Ist der Gehalt an Magnesiumkarbonat ein beträchtlicher, so bezeichnet man das Gestein als **dolomitischen Kalk**, und falls der Magnesiumgehalt annähernd gleich dem Kalkgehalt ist, als **Dolomit**, ohne daß zwischen beiden Abarten eine scharfe Grenze gezogen wird.

607. Nach ihrer texturellen Ausbildung unterscheidet man namentlich folgende Varietäten:

1. **Körniger Kalkstein oder Marmor**¹⁾. Ein kristallinisches, grob- bis feinkörniges Gestein, welches lediglich aus unregelmäßig begrenzten Kalkspatindividuen besteht. Gesellt sich dazu mehr oder weniger reichlich Magnesit- oder Dolomitspat, so wird das Gestein als Dolomit-

¹⁾ Entgegen der petrographischen Systematik bezeichnet man in der Technik nicht nur die kristallinisch-körnigen Abänderungen, sondern auch die dichten Kalksteine, wenn sie politurfähig sind, als Marmor.

Marmor bezeichnet. Die Farbe ist schneeweiß, grauweiß, bläulich-, gelblich-, rötlichweiß; in selteneren Fällen gelb, rot, blau oder schwarz.

2. **Dichter Kalkstein.** Ein scheinbar homogenes Gestein, das aber in Wirklichkeit aus einem mikrokristallinen Kalkspat-Aggregat besteht. Es ist weiß, gelblichweiß, lichtgrau, bläulichgrau, dunkelgrau bis schwarz, seltener braun, grünlich oder rötlich gefärbt. Als Nebenbestandteile treten auf: Eisenoxyd, Tonerde, Kieselsäure und organische Substanzen. Sehr gewöhnlich ist ein Gehalt an Magnesiumkarbonat, bei dessen Zunahme das Gestein in den dolomitischen, dichten Kalkstein übergeht. Andere durch die Beimengung unterschiedene Varietäten sind: Kieselkalk, toniger oder Mergelkalk, Eisenkalkstein, glaukonitischer Kalkstein, Sandkalkstein, bituminöser Kalkstein. Häufig enthalten die dichten Kalksteine Muschelreste eingelagert, die mitunter so reichlich auftreten, daß das Gestein wesentlich aus ihnen zusammengesetzt ist.

Alle diese Varietäten können in ihrer Struktur regellos bezw. mehr oder weniger vollkommen geschichtet bis schieferig sein.

3. **Oolithischer Kalkstein** (Erbsenstein, Rogenstein). Besteht aus kugeligen (dichten, konzentrisch-schaligen oder radialfasrigen) Kalkkörnern, welche durch ein kalkiges Zement von kristallinischer, dichter oder erdiger Beschaffenheit verbunden sind. Die Körner schwanken zwischen Hirsekorn- und Erbsengröße.

4. **Schaumkalk.** Ein dichter Kalkstein, von zahlreichen feinen Poren durchsetzt, welche z. T. so reichlich auftreten, daß das Gestein schwammig erscheint.

5. **Süßwasserkalk.** Ein dichter, poröser oder kavernöser Kalkstein, der reich an Schalen von Süßwasser-Conchylien ist.

6. **Kreidekalk.** Ein erdiger Kalkstein, welcher im wesentlichen aus den Kalkschalen von Foraminiferen und anderen mikroskopischen Lebewesen besteht. Zur Gruppe der sog. zoogenen Kalksteine gehören ferner die Krinoideenkalksteine, Korallen-, Nummuliten- und Bryozoenkalksteine.

7. **Kalktuff.** Entstanden durch Kalkinkrustationen von Moosen, Blättern, Pflanzenstengeln usw., bildet ein poröses, zelliges, meist feinkörniges bis erdiges Gestein. Eine Abänderung desselben ist der Travertin, welcher lediglich durch Kalkinkrustation von Wassermoosen und Algen gebildet worden ist.

Kapitel 46.

Die Mikrostruktur der Kalksteine usw.

608. Die petrographische Unterscheidung zwischen kristallinisch-körnigem und dichtem Kalkstein bezieht sich lediglich auf die makroskopische Erscheinungsweise der Gesteinsausbildung. Unter dem Mikroskop aber erweist sich auch die Struktur der meisten dichten Kalksteine als eine kristallinische bis kryptokristallinische, und nur in selteneren Fällen bestehen die dichten Gesteine aus einer Aggregation staubförmiger („pelitomorpher“) Kalkkörnchen.

Nach der Kornausbildung teilen wir die Kalksteine demnach ein in makrokristalline, mesokristalline, mikrokristalline, kryptokristalline und pelitomorphe Kalksteine.

Während die körnigen Bestandteile hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Textur im allgemeinen von gleicher Beschaffenheit sind, unterscheiden sich die verschiedenen Kalksteine sehr wesentlich durch die Art ihrer Kornbindung. Diese kann eine unmittelbare, lediglich durch den Kristallisationsprozeß bedingte sein, oder sie wird vermittelt durch ein kalkiges, kalkig-toniges oder kalkig-kieseliges Bindemittel, das seinerseits wiederum mikrokristallin, kryptokristallin oder pelitomorph sein kann.

Von der Art der Kornbindung hängt vorzugsweise die Festigkeit, Porosität und die Widerstandsfähigkeit des Gesteins gegen die erweichende Wirkung des Wassers ab, und deshalb ist die Kornbindung auch in erster Linie maßgebend für den Wetterbeständigkeitsgrad der Kalksteine.

609. Bei der mikroskopischen Untersuchung sind namentlich folgende Strukturverhältnisse zu berücksichtigen:

- 1) die Größe und Form der körnigen Bestandteile, sowie ihre strukturelle Ausbildung;
- 2) die Art der Kornbindung und der Grad ihrer Stetigkeit;
- 3) die differenten Einlagerungen nach Form und Mengenverhältnis;
- 4) der Porositätscharakter;
- 5) die Art und der Grad der Schichtung.

Da die Kalksteine bei geringer Härte fast durchweg eine erhebliche Festigkeit besitzen, so lassen sich mit Leichtigkeit sehr dünne Schlifflinien daraus herstellen, die in den meisten Fällen, infolge ihrer vollkommenen Durchsichtigkeit, eine exakte mikroskopische Untersuchung, selbst bei

stärkster Vergrößerung, ermöglichen. Nur bei den pelitomorphen Kalksteinen ergeben sich, wegen der außerordentlichen Kleinheit und geringen Durchsichtigkeit der Körnchen, Schwierigkeiten für die mikroskopische Unterscheidung der Bindungsverhältnisse.

610. Im allgemeinen ist die Erscheinungsweise der Kalksteine unter dem Mikroskop die folgende:

a) Kristalline bis mikrokristalline Kalksteine mit unmittlbarer Kornbindung. Die lebhaft polarisierenden Körnchen grenzen unmittelbar aneinander, und zwar entweder mit gezahnten oder mit glatten Kontaktflächen (s. Fig. 244, 245, S. 513). Sie sind entweder einheitlich struiert oder zeigen eine polysynthetische Zwillingsverwachsung. Hat das Gestein eine ungleichmäßige Pressung erfahren, so sind die Zwillingslamellen mehr oder weniger stark gebogen (s. Fig. 247, 248, S. 514). Werden die Körnchen sehr klein, dann findet ein Überschneiden der benachbarten Individuen selbst in der dünnen Schlißlamelle statt, und der Rand der Körner zeigt infolgedessen im polarisierten Licht einen farbig gebänderten Saum. Die gleiche Erscheinung ist zu beobachten, wenn die kleinen Körnchen von rundlicher Form sind und die Bindung keine vollkommen kompakte ist, so daß eine keilförmige Einkerbung am Rande entsteht. In diesem Falle tritt aber bei gekreuzten Nikols gleichmäßige Auslöschung des Kornes und seiner Randzone ein. Auch die unvollkommene Berührung der Körner ist am besten im polarisierten Licht, bei gekreuzten Nikols, zu erkennen. Der schmale Zwischenraum erscheint dann bei Drehung des Schlißs bzw. der beiden Nikols beständig dunkel.

Zur Feststellung der Kornbindungsverhältnisse ist je nach der Körnung des Gesteins eine 300–800fache Vergrößerung erforderlich.

b) Kristalline bis mikrokristalline Kalksteine mit mittelbarer kalkiger Kornbindung. Die Kalkspatkörner sind durchweg oder teilweise durch ein kalkiges Zement verbunden, das entweder mikrokristallin (s. Fig. 249), kryptokristallin (s. Fig. 250) oder pelitomorph (s. Fig. 253) sein kann.

Bei kryptokristalliner Ausbildung zeigt das mikroskopische Bild wellenförmig oder lappig begrenzte Differenzierungen, die jedoch ineinander verlaufen, so daß keine vollkommenen körnigen Abgrenzungen entstehen¹⁾. Die pelitomorphe Kalksubstanz erscheint selbst bei starker Vergrößerung äußerst feinkörnig und nur unvollkommen durchsichtig.

¹⁾ Die hier als „kryptokristallin“ bezeichnete Kalkmasse besteht also aus unvollkommen begrenzten, aber auf das polarisierte Licht wirkenden Kristalloiden.

c) Kristalline bis mikrokristalline Kalksteine mit „differentem“, d. h. von den Kalkkörnchen substanziell verschiedenem Bindemittel. Als derartige Bindemittel können auftreten: Mergelige, tonige, eisenockerige, kohlige, bituminöse oder kieselige Substanzen. Die Erscheinungsweise solcher Kalksteine ist in Fig. 254, 255 und Fig. 265, 266, S. 515 schematisch dargestellt.

Nicht selten findet man, daß die differente Zementsubstanz in fein verteilter Form auch von den Kalkspatkörnchen eingeschlossen wird (s. Fig. 257), oder es tritt dieselbe in nesterweiser Ausscheidung zwischen den Kalkspatkörnchen auf.

d) Vorherrschend kryptokristalline Kalksteine. Dieselben zeigen die für das gleichnamige Zement unter b) beschriebene Erscheinung (s. Fig. 261).

Vorherrschend pelitomorphe Kalksteine. Erscheinungsweise wie bei dem gleichnamigen Zement unter b) angegeben (s. Fig. 263).

Weitere Varietäten der Kalksteine entstehen durch oolithische Ausbildung derselben, sowie durch das Auftreten von Muschelresten an Stelle der körnigen Bestandteile.

611. Da die einzelnen Texturelemente sehr mannigfaltig miteinander kombiniert sind, so ergibt sich hieraus eine zahlreiche Reihe von Strukturtypen. Als Anhalt für die einheitliche Feststellung derselben mag die nachfolgende schematische Zusammenstellung dienen. Um die Beschreibung des Strukturbildes zu vereinfachen und behufs Vergleichung einer größeren Zahl von Gesteinsvorkommen übersichtlich zu gestalten, sind auch hier besondere Zeichen der einzelnen Struktureigenschaft eingeführt worden, deren Zusammenstellung eine Formel für die Konstitutionsverhältnisse der verschiedenen Kalksteine liefert. Die quantitativ bestimmbareren Eigenschaften werden durch Zahlenindizes, welche den Buchstabenzeichen hinzuzufügen sind, unterschieden.

612. I. Allgemeine Übersicht der Strukturtypen und ihrer Signatur.

Signatur:

| | |
|------------------------|--------------------------------------------------------|
| A | Makrokristalliner Kalkstein (Marmor). |
| B ₁₋₁₁ | Mesokristalliner Kalkstein (z. T. Marmor). |
| C ₁₋₅ | Mikrokristalliner Kalkstein. |
| D ₁ bezw. 2 | Kryptokristalliner und pelitomorpher Kalkstein. |
| E ₁₋₄ | Mikro-oolithischer Kalkstein. |
| F ₁₋₆ | Makro-oolithischer Kalkstein (Rogenstein). |
| G ₁₋₄ | Schaumkalk. |
| H ₁₋₃ | Zoogener Kalkstein (Conchylienalk, Tubulitenalk usw.). |
| J ₁₋₃ | Tonschieferkalkstein (z. T. Flaser-, Kramenzel-Kalk). |
| K ₁₋₃ | Kieselkalkstein. |

| | |
|------------------|----------------------------------|
| L ₁₋₃ | Eisenkalkstein. |
| M ₁₋₃ | Glaukonitkalkstein. |
| N ₁₋₂ | Sandkalkstein. |
| Q ₁₋₃ | Phytogener Kalkstein (Kalktuff). |

613. II. Morphologische bezw. substanzuelle Ausbildung der einzelnen Kalkstein-Varietäten.

1) Makrokristalliner Kalkstein (Marmor).

- Typ. A Mehr oder weniger regelmäßige, klein- bis grobkörnige Aggregation von Kalkspat bezw. Dolomitspat; Korngröße 0,75 mm und darüber. Die Kalkspatkörner meist mit polysynthetischer Zwillingsstreifung, welche den Dolomitspatkörnern zu fehlen pflegt.
- „ Az₁ g₁¹⁾ Kalkspatkörner mit polysynthetischer Zwillingsstreifung und gezahnten Kontaktflächen. Gleichkörnig (Fig. 244).
- „ Az₂ g₁ Desgl. nur z. T. mit polysynthetischer Zwillingsstreifung und glatten Kontaktflächen. Gleichkörnig (Fig. 245).
- „ Az₁ g₄ Desgl. nur z. T. mit polysynthetischer Zwillingsstreifung und gezahnten Kontaktflächen. Ungleichkörnig (Fig. 246).
- „ Az₂ g₅ Desgl. mit gebogener polysynthetischer Zwillingsstreifung. Zwischenlagerung kleinerer, kataklastischer Körner (Fig. 247).
- „ Az₃ g₅ Die stark deformierten Kalkspatkörner z. T. ohne vollkommen scharfe Abgrenzung und mit gebogenen, sich vielfach durchkreuzenden Zwillingsstreifen; restituierte Kataklaststruktur (Fig. 248).



Fig. 244. Typ. Az₁g₁.

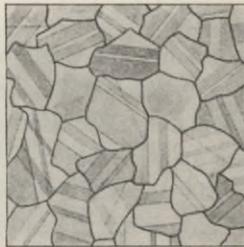


Fig. 245. Typ. Az₂g₁.

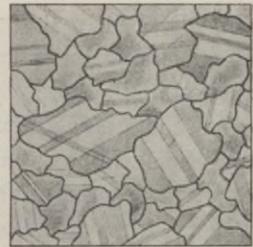


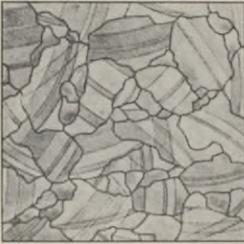
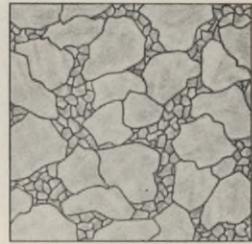
Fig. 246. Typ. Az₃g₄.

614. 2) Mesokristalliner Kalkstein (z. T. Marmor).

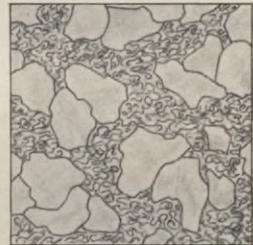
- Typ. B Die kristalline Struktur noch mit bloßem Auge oder mit der Lupe erkennbar; Korngröße 0,25—0,7 mm. Die Kalkspatkörner nur selten mit polysynthetischer Zwillingsstreifung, häufig aber mit tonigen, ockerigen oder kieseligen Einlagerungen.

¹⁾ Über die Bedeutung der den Typenzeichen beigefügten Ergänzungszeichen s. Abs. 626, S. 521.

- Typ. B₁ Gleichmäßige mesokristalline Körnung.
 „ B₂ Mesokristalline Körnung mit untergeordneten, unregelmäßig verteilten mikrokristallinen Partien.
 „ B₃ Unvollkommen untereinander verwachsene, mesokristalline Körner mit mikrokristalliner Zwischenmasse (Fig. 249).

Fig. 247. Typ. Az₂g₅.Fig. 248. Typ. Az₃g₅.Fig. 249. Typ. B₃.

- Typ. B₄ Unvollkommen untereinander verwachsene, mesokristalline Körner mit kryptokristalliner Zwischenmasse (Fig. 250).
 „ B₅ Isolierte mesokristalline Körner in einer mikrokristallinen Grundmasse (Fig. 251).
 „ B₆ Isolierte mesokristalline Körner in einer kryptokristallinen Grundmasse (Fig. 252).

Fig. 250. Typ. B₄.Fig. 251. Typ. B₅.Fig. 252. Typ. B₆.

- Typ. B₇ Isolierte mesokristalline Körner in einer pelitomorphen Grundmasse (Fig. 253).
 „ B₈ Unvollkommen untereinander verwachsene, mesokristalline Körner mit toniger oder ockeriger Porenausfüllung (Fig. 254).
 „ B₉ Vorherrschend mesokristalline Körnung mit kohlig umrundung der scharf begrenzten Körner (Fig. 255).
 „ B₁₀ Scharf begrenzte mesokristalline Körner in einer mikrokristallinen Grundmasse, deren Körnchen kohlig umrundet sind.
 „ B₁₁ Unschärf begrenzte und sehr unregelmäßig gestaltete mesokristalline Körner in einer stark kohlig durchsetzten mikro- bis kryptokristallinen Grundmasse.

615. 3) Mikrokristalliner Kalkstein C.

Die kristalline Struktur ist nur unter dem Mikroskop deutlich erkennbar. Die scharf umgrenzten Körnchen von 0,01—0,1 mm Durchmesser.

- Typ. C₁ Gleichmäßige, scharf begrenzte, rein mikrokristalline Körnung (Fig. 256 u. 257).
 „ C₂ Scharf begrenzte mikrokristalline Körnung mit ziemlich reichlicher mesokristalliner Einlagerung.

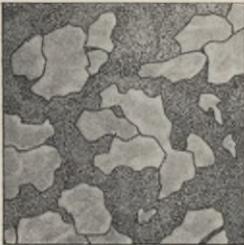


Fig. 253. Typ. B₇.

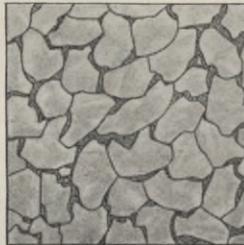


Fig. 254. Typ. B₈.

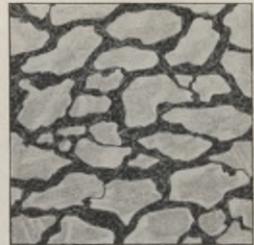


Fig. 255. Typ. B₉.

- Typ. C₃ Unvollkommen untereinander verwachsene mikrokristalline Körner bei toniger oder ockeriger Porenausfüllung (Fig. 258).
 „ C₄ Gleichmäßige, unscharf begrenzte mikrokristalline Körnung.
 „ C₅ Unscharf begrenzte mikrokristalline Körnung mit ziemlich reichlicher mesokristalliner Einlagerung.
 C₁₋₅ Vorherrschend mikrokristalline, untergeordnet kryptokristalline
 „ (D₁) Ausbildung (Fig. 259).
 C₁₋₅ Vorherrschend mikrokristalline neben sehr reichlicher krypto-
 „ (D₁) kristalliner Ausbildung (Fig. 260).

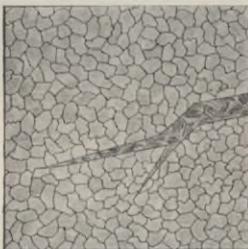


Fig. 256. Typ. C₁.

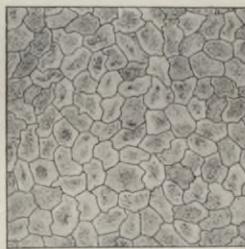


Fig. 257. Typ. C_{1t3}.

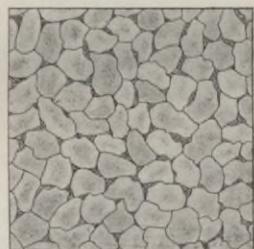


Fig. 258. Typ. C₃.

616. 4) Kryptokristalliner und pelitomorpher Kalkstein D.

Der kryptokristalline Kalkstein zeigt bei starker mikroskopischer Vergrößerung (400—600 ×) lappig ineinander greifende Kristalloide, welche nicht

mehr allseitig scharf umgrenzt sind, aber noch sehr deutlich auf polarisiertes Licht wirken. D_1 .

Der pelitomorphe Kalkstein besteht aus einer Aggregation feinsten rundlicher Kalkkörnchen von 0,003—0,005 mm Durchmesser, deren Bindungsweise nicht mehr sicher erkannt werden kann, mit meist sehr schwacher, aber noch deutlich wahrnehmbarer Wirkung auf polarisiertes Licht.

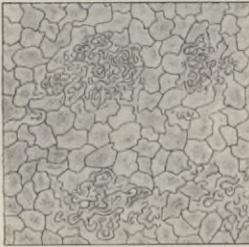


Fig. 259. Typ. $\frac{C_1}{(D_1)}$.

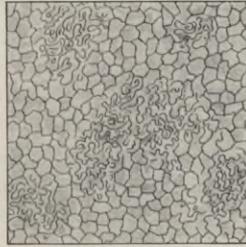


Fig. 260. Typ. $\frac{C_1}{D_1}$.

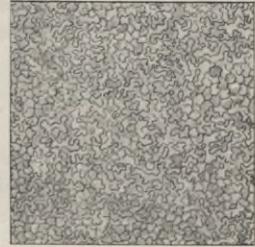


Fig. 261. Typ. $\frac{D_1}{(C)}$.

- | | |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Typ. $\frac{D_1}{(C)}$ | Vorherrschend kryptokristallin, untergeordnet mikrokristallin (Fig. 261). |
| Typ. $\frac{D_1}{(D_2)}$ | Vorherrschend kryptokristallin, untergeordnet pelitomorph (Fig. 262). |
| Typ. $\frac{D_1}{D_2}$ | Kryptokristallin und pelitomorph in nahezu gleichem Verhältnis. |
| Typ. $\frac{D_2}{(D_1)}$ | Vorherrschend pelitomorph, untergeordnet kryptokristallin (Fig. 263). |

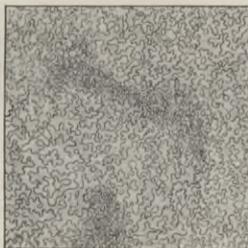


Fig. 262. Typ. $\frac{D_1}{(D_2)}$.

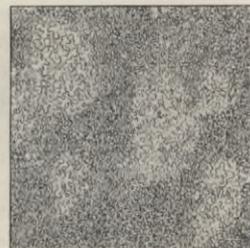


Fig. 263. Typ. $\frac{D_2}{(D_1)}$.

617. 5) Mikro-oolithischer Kalkstein E.

(s. Fig. 283, 284, S. 556).

Typ. E_1 Mikro-Oolithe (Entoolithe) mit starker Schale, scharf begrenzt, zum größten Teil sich gegenseitig berührend. Spärliche Zwischenmasse: mikrokristallin.

- Typ. E₂ Desgl. Zwischenmasse: kryptokristallin.
 „ E₃ Mikro-Oolithe (Entoolithe) mit schwacher Schale, größtenteils isoliert in einer Grundmasse von mikrokristalliner, kryptokristalliner oder pelitomorpher Beschaffenheit.
 Bezeichnung: bezw. E₃-C, E₃-D₁ und E₃-D₂.
 „ E₄ Zum größten Teil zerstückelte Mikro-Oolithe (Entoolithe) in reichlicher Grundmasse von mikrokristalliner, kryptokristalliner oder pelitomorpher Beschaffenheit.
 Bezeichnung: bezw. E₄-C, E₄-D₁ und E₄-D₂.

618. 6) Makro-oolithischer Kalkstein (Rogenstein) F.

(s. Fig. 308—312, S. 566 u. f.)

- Typ. F₁ Oolithe: kugelförmig, mit deutlichem „Auslöschungskreuz“; vollkommen schaliger Struktur. Grundmasse: mikrokristallin, kryptokristallin oder pelitomorph und danach Bezeichnung: F₁-C, F₁-D₁, F₁-D₂; Strukturbezeichnung bei schwachem bis stärkerem Gehalt an Quarzsand: q_1-q_3 :
 $\frac{C; D}{q_{1-3}}$.
 „ F₂ Oolithe: kugelförmig, mit undeutlichem „Auslöschungskreuz“; vollkommener, aber schwachschaliger Struktur, Aggregatpolarisation.
 „ F₃ Oolithe: im Querschnitt rosettenartig ausgebuchtet mit entsprechend parallelschaliger Struktur; unregelmäßiges „Auslöschungskreuz“.
 Grundmasse und deren Bezeichnung wie oben.
 „ F₄ Oolithe: im Querschnitt rosettenartig ausgebuchtet; nur in zerstückelten Formresten vorhanden, meist Einschlüsse von Eisenoxyd und Sandkörnchen in radialer Anordnung.
 Grundmasse und deren Bezeichnung wie oben.
 „ F₅ Oolithe: zackig umgrenzt, z. T. mit der Grundmasse ohne scharfe Abgrenzung verwachsen. Grundmasse: Überall Spuren von zentrisch-strahliger Anordnung im polarisierten Lichte zeigend.
 „ F₆ Rogensteinstruktur nur undeutlich ausgebildet. Auf den Bruchflächen zeigen sich kleine kugelige Ablösungen. Feinkörnig-kristallin; kompakt und ziemlich hart. Vollkommen geschichtet. Zerklüftet in rhomboidalen Stücken.

619.

7) Schaumkalk G.

(s. Fig. 285, 288, 290—295, S. 557 u. f.)

- Typ. G₁ Grundmasse: durchweg scharf mikrokristallin ausgebildet.
 „ G₂ „ teils scharf mikrokristallin, teils kryptokristallin ausgebildet.
 „ G₃ „ vorherrschend kryptokristallin.
 „ G₄ „ teils kryptokristallin, teils pelitomorph ausgebildet.
 Kornbindung: b_{1-5} , β_{1-5} (s. S. 521).

Signatur:

| | |
|---------|------------------------|
| π_1 | Schaumporen: spärlich. |
| π_2 | „ ziemlich reichlich. |
| π_3 | „ reichlich. |
| π_4 | „ sehr reichlich. |

Anmerkung: Da beim Schleifen des porösen Materials ein Ausbröckeln unvermeidlich ist, so empfiehlt es sich, die Bestimmung des Mengenverhältnisses der Poren, auf Schlagflächen des Gesteins, mit Hilfe der Lupe zu kontrollieren.

Außerdem können in den Schaumkalken folgende Strukturelemente auftreten:

Kumulite c.

Kugelförmig bis eiförmig begrenzte, meist dunkler gefärbte, regellos struierte, mikrogranulöse Aggregationen (s. Fig. 292—295, S. 560 u. f.).

Signatur:

| | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| c_1 | Aggregat von Kalkspatmasse durchdrungen, welche im polarisierten Lichte eine einheitliche Auslöschung zeigt. |
| c_2 | Mikrokristalline Aggregation. |
| c_3 | Mikro- bis kryptokristalline Aggregation. |
| c_4 | Vorherrschend kryptokristalline Aggregation. |
| c_5 | Vorherrschend pelitomorphe Aggregation. |

Anmerkung: Spärliche bis sehr reichliche Kumulite erhalten die Bezeichnung 1—4 c_{1-5} .

Tubulite t.

Röhrenförmige Gebilde, teils hohl, teils vollständig mit Kalkmasse gefüllt (s. Fig. 298 u. 299, S. 562 u. f.).

Signatur:

| | |
|-------|-----------------------------------------|
| t_0 | Hohl. |
| t_1 | Mit grobkristallinem Kalkspat gefüllt. |
| t_2 | Mit mikrokristallinem Kalkspat gefüllt. |
| t_3 | Mit kryptokristallinem Kalk gefüllt. |
| t_4 | Mit pelitomorphem Kalk gefüllt. |

Anmerkung: Spärliche bis sehr reichliche Tubulite erhalten die Bezeichnung 1—4 t_{0-4} .

620. 8) Zoogener Kalkstein (Conchylien-
Tubulitenkalk usw.) H.

(s. Fig. 297—307, S. 562 u. f.).

Typ. H₁ Fast vollständig aus Resten von Conchylien-, Serpuliten- u. dergl. Schalen zusammengesetzt, welche durch eine spärliche mesokristalline, mikro- bis kryptokristalline oder pelitomorphe Kalkmasse verbunden sind. Bezeichnung demgemäß: H₁—(B, C oder D).

- Typ. H₂ Mesokristalliner, mikro- bis kryptokristalliner oder pelitomorpher Kalkstein mit sehr reichlichen Resten von Conchylien usw. wie vorher. Bezeichnung demgemäß: H₂ — (B, C oder D).
 „ H₃ Desgl. mit ziemlich reichlichen Resten von Conchylien usw. wie vorher. Bezeichnung demgemäß: H₃ — (B, C oder D).
 Anmerkung: Für Schaumkalke mit Muschelresten gilt das Zeichen G (s. Schema 7).

621. 9) Tonschieferkalkstein (z. T. Flaser-, Kramenzel-Kalk) J.

- Typ. J₁ Kalkstein, von dünnen ebenflächigen Tonschieferlagen durchsetzt (s. Fig. 264).
 „ J₂ Kalkstein, von dünnen welligen Tonschieferlagen durchsetzt, unvollkommen flasrig.

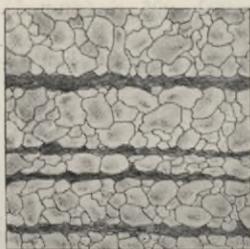


Fig. 264. Typ. J₁—C.



Fig. 265. Typ. J₃—B.

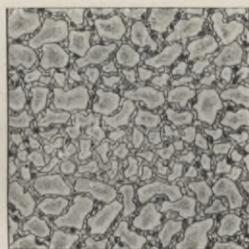


Fig. 266. Typ. K₂—C.

- Typ. J₃ Kalkstein, von starken Tonschieferlagen vollkommen flasrig durchflochten, innerhalb welcher der Kalk isolierte Linsen und Nieren bildet (s. Fig. 265).
 Anmerkung: Bezeichnung, je nach der Textur des Kalksteins: J₁₋₃ — (B, C oder D).

622. 10) Kieselkalkstein K.

- Typ. K₁ Der Kalkstein ist gleichmäßig von Kieselsäure durchdrungen. Parallelstruktur nicht wahrnehmbar.
 „ K₂ Der Kalkstein ist gleichmäßig von Kieselsäure durchdrungen. Deutliche Parallelstruktur (s. Fig. 266).
 „ K₃ Die den Kalkstein durchdringende Kieselsäure bildet auch vielfach Ausscheidungen in Form von Nestern, Adern und Nieren (Hornsteinkalk) (s. Fig. 267).
 Anmerkung: Bezeichnung, je nach der Textur des Kalksteins: K₁₋₃ — (B, C oder D).

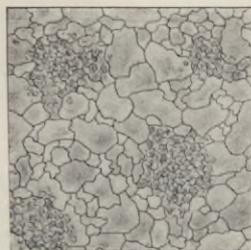


Fig. 267. Typ. K₃—C.

623. 11) Eisenkalkstein L.

- Typ. L₁ Kalkstein mit sehr reichlichem Gehalt an Eisenoxyd oder Eisenhydroxyd.
 „ L₂ Kalkstein mit Eisenspat in Nestern und Schnüren sehr reichlich durchwachsen.
 „ L₃ Kalkstein mit Eisenspat und Eisenhydroxyd sehr reichlich durchwachsen.

Anmerkung: Bezeichnung, je nach der Textur des Kalksteins: L₁₋₃ — (B, C oder D).

624. 12) Glaukonitkalkstein M.

Unter dieser Bezeichnung sollen nur diejenigen Kalksteine verstanden werden, bei denen der Glaukonit als wesentlicher Bestandteil auftritt. (Glaukonit c. 20% und darüber.)

- Typ. M₁ Die Glaukonitkörnchen liegen unregelmäßig in der kalkigen Grundmasse zerstreut.
 „ M₂ Die Glaukonitkörnchen sind schichtig in der kalkigen Grundmasse angeordnet.
 „ M₃ Außer den isolierten Glaukonitkörnern findet sich Glaukonit in inniger Verwachsung mit der kalkigen Grundmasse, in der mehr oder weniger Quarzkörnchen eingelagert sind.

Anmerkung: Bezeichnung, je nach der Textur der kalkigen Grundmasse: M₁₋₃ — (B, C oder D).

625. 13) Sandkalkstein N.

(Kalksteine mit mindestens 20% Quarzsand.)

- Typ. N₁ Kalkstein verschiedener Struktur mit sehr reichlicher Beimengung von Quarzsand (20—30%).
 „ N₂ Kalkstein verschiedener Struktur mit sehr reichlicher Beimengung von Quarzsand (35—50%).

Anmerkung: Bei höherem Gehalt an Quarzsand geht das Gestein in den Kalksandstein über.

Bezeichnung, je nach der Textur des Kalksteines: N₁₋₂ — (B, C oder D).

626. 14) Phytogener Kalkstein (Kalktuff) Q.

- Typ. Q₁ Kompakte Kornbindung der Kalksubstanz mit mehr oder weniger reichlichen Strukturporen und kavernen Hohlräumen.
 „ Q₂ Ziemlich lockere Kornbindung der Kalksubstanz mit mehr oder weniger reichlichen Strukturporen und kavernen Hohlräumen.
 „ Q₃ Sehr lockere Kornbindung der Kalksubstanz, sonst wie vorher.

Anmerkung: Bezeichnung, je nach der mikrokristallinen oder pelitomorphen Ausbildung der Kalkkörnchen: Q₁₋₃ — (C oder D).

627. III. Spezielle Textur- und Struktur-Verhältnisse.

1) Kontaktflächen der Körner (Typ. A und B).

Signatur:

- z_1 Gezahnte Kontaktflächen der Kalkspat- bzw. Dolomitkörner.
- z_2 Glatte Kontaktflächen desgl.
- z_3 Ohne scharfe Kornungrenzung (restituierte, kataklastische Struktur).

2. Art der Kornverwachsung.

(Hinsichtlich der mikroskopischen Bestimmung s. Abs. 613—616 S. 513 u. f.)

Signatur:

- b_1 Unmittelbare Kornverwachsung.
- b_2 Kornverwachsung durch mikrokristalline, körnige, kalkspatige Zwischenmasse.
- b_3 Desgl. durch kryptokristalline kalkige Zwischenmasse.
- b_4 Desgl. durch pelithomorphe Zwischenmasse.
- b_5 Desgl. durch mergelige, tonige oder ockerige Zwischenmasse.

Signatur:

3. Korngröße.

| | |
|----------------------|----------------------|
| $gm_1 = 0,25-0,3$ mm | $gm_4 = 0,75-1,5$ mm |
| $gm_2 = 0,3-0,5$ „ | $gm_5 = 1,5-3,0$ „ |
| $gm_3 = 0,5-0,7$ „ | $gm_6 = 3,0-5,0$ „ |

Signatur:

4. Stetigkeit der Kornbindung.

- β_1 Vollkommen kompakte Kornbindung.
- β_2 Ziemlich kompakte Kornbindung.
- β_3 Ziemlich lockere Kornbindung.
- β_4 Sehr lockere Kornbindung.

Signatur:

5. Gleichmäßigkeitsgrad der Körnung.

- g_1 Gleichmäßig gekörnt.
- g_2 Ziemlich gleichmäßig gekörnt.
- g_3 Ziemlich ungleichmäßig gekörnt.
- g_4 Sehr ungleichmäßig gekörnt.
- g_5 Sehr ungleichmäßig gekörnt; die kleineren Körner in Gruppen zwischen den zusammenhängenden, größeren Körnern eingelagert.

6. Differente Einlagerungen, welche nicht als Bindemittel und überhaupt nur untergeordnet auftreten.

Signatur:

- gl Glimmer.
- gk Glaukonit.
- es Eisenspat.
- cc Kalkspat (in Adern)
- t Tonige Substanz.
- ok Eisenocker.

Signatur:

- q Quarzsand.
- si Kieselimpregnation bzw. -Konkretion.
- ko Köhlige Substanzen.
- ks Eisenkies.

7. Form der Einlagerung.

Signatur:

- i Infiltration.
- e Einsprengung.
- s Schichtige Einlagerung.

Signatur:

- us Unregelmäßige schichtige Einlagerung bzw. „Schmitzen“.
- a Aderförmige Ausfüllung.

8. Mengenverhältnis der Einlagerung.

Signatur:

- 1 Spärlich.
2 Ziemlich reichlich.

Signatur:

- 3 Reichlich.
4 Sehr reichlich.

Beispiel für die Signierung.

2 a₂ [cc = Ziemlich reichliche Kalkspat-Adern.3 e₃ [es = Reichliche Einsprengung von Eisenspat.

9. Porositätscharakter p.

Anmerkung: Bezeichnung der Poren des Schaumkalkes siehe unter G.

Signatur:

- [p] Kompakt.
p₁ Feinporig.
p₂ Kleinporig.
p₃ Grobporig.

Signatur:

- p₄ Zellig.
p₅ Klein kavernös.
p₆ Grob kavernös.

10. Grad der Schichtung und Schieferung.

Schichtung: Schieferung:

- | | | |
|----------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| s ₀ | σ ₀ | Nicht wahrnehmbar. |
| s ₁ | σ ₁ | In Spuren. |
| s ₂ | σ ₂ | Ziemlich deutlich. |
| s ₃ | σ ₃ | Grobschichtig bezw. grobschiefrig. |
| s ₄ | σ ₄ | Dünnschichtig bezw. dünnschiefrig. |
| s ₅ | σ ₅ | Sehr vollkommen dünnschichtig bezw. dünnschiefrig. |
| sm | | Schichtung durch Muscheleinlagerung bewirkt. |
| sh | | Schichtung durch Hohlräume bezw. Abwechslung von Lagen verschiedener Porosität. |

Kapitel 47.

Chemische Zusammensetzung.

1. Kalksteinanalysen.

628. Für die nachstehenden Analysen ist teils frisches Bruchgestein, teils das Material älterer Bauwerke verwendet worden.

In letzterem Falle wurde die Probe stets aus einer Tiefe der Werkstücke entnommen, in welcher die Verwitterung noch nicht eingegriffen hatte.

Ein dem Fundort beigegefügt Zeichen gibt über die Herkunft der zur Analyse benutzten Probe Aufschluß (s. die Fußnote¹)).

Die Anordnung ist nach Qualitätsklassen der Wetterbeständigkeit und innerhalb derselben nach der geologischen Formation des Gesteinsvorkommens erfolgt.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | CaCO ₃ | MgCO ₃ | FeCO ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ton | Quarzsand | Org. Substanz | FeS ₂ | CaSO ₄ + 2aq | Gehalt an CO ₂ | | |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|------|-----------|---------------|------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-------|
| | | | | | | | | | | | | analytisch bestimmt | auf CaO u. MgO berechnet | |
| Archaische Formation. Q.-Kl. I-III. | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Laas, Tirol | I | 99,75 | Sp. | — | — | — | 0,49 | — | — | — | 100,24 | 43,75 | 44,00 |
| 2 | Kunzendorf, Liegnitz | III | 99,11 | 1,00 | — | 0,05 | 0,07 | — | — | — | — | 100,23 | 44,14 | 44,13 |
| 3 | Kaufungen, Schlesien | III | 98,29 | 1,26 | 0,12 | — | 0,38 | — | 0,20 | — | — | 100,25 | 43,85 | 43,91 |
| 4 | " | III | 98,41 | — | — | 0,03 | 0,46 | 0,35 | 0,81 | — | — | 100,06 | 43,55 | 43,31 |
| Devon. Q.-Kl. I-V-VI. | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Limburg | I | 51,91 | 40,78 | — | 0,34 | 3,51 | 3,50 | 0,33 | — | — | 100,44 | 44,45 | 44,50 |
| 6 | Schöneken, Kr. Prüm | I | 51,14 | 42,88 | — | 0,42 | 0,91 | 1,87 | 3,10 | — | — | 100,32 | 45,08 | 44,52 |
| 7 | Limburg | I-II | 45,86 | 46,20 | — | 0,68 | 5,68 | 1,73 | 0,14 | — | — | 100,29 | 44,19 | 44,38 |
| 8 | Berkum, Westfalen | I-II | 90,48 | 0,27 | 0,93 | 0,18 | 2,71 | 3,77 | 1,15 | — | — | 99,31 | 39,53 | 39,95 |
| 9 | Gerolstein | I-II | 53,25 | 41,81 | 0,84 | — | 0,83 | 0,32 | 1,27 | — | — | 99,34 | 46,20 | 45,65 |
| 10 | Raeren, Kr. Eupen | I-II | 87,35 | 10,10 | — | 0,25 | 2,68 | 0,03 | 0,61 | 0,097 | 0,254 | 101,36 | 43,01 | 43,80 |
| 11 | Berkum, Westfalen | II | 94,75 | 1,91 | 0,83 | 0,046 | 0,69 | 1,89 | — | — | 0,13 | 100,20 | 42,60 | 42,88 |
| 12 | Eupen | II-III | 93,87 | 0,21 | — | 0,22 | 2,60 | 1,52 | 0,56 | — | 0,095 | 99,07 | 41,49 | 41,88 |
| 13 | Raeren, Kr. Eupen | IV-V | 83,03 | 1,20 | — | 0,15 | 7,88 | 5,31 | — | 0,64 | 0,137 | 99,68 | 37,58 | 37,60 |
| 14 | Rittershausen, Rhein-provinz | V | 87,33 | 7,85 | — | — | 1,55 | 2,77 | 0,30 | 0,24 | 0,268 | 100,40 | 42,55 | 42,61 |
| 15 | " | V-VI | 96,33 | 3,44 | — | — | 0,52 | 0,36 | — | 0,0028 | 0,04 | 100,69 | 44,25 | 44,19 |

Carbon. Q.-Kl. I-VI.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|--------------------------------------------|------------|--------|-------|-------|
| 16 | Cornelimünster, Aachen | I | 72,52 | 19,70 | 2,31 | 0,06 | 1,56 | 2,05 | — | — | — | 98,14 | 44,56 | 44,10 |
| 17 | " | I-II | 94,89 | 1,49 | 0,29 | 0,10 | 1,06 | 1,26 | 0,48 | CaO = 0,96 an SiO ₂ gebunden | MgO = 0,02 | 100,55 | 42,64 | 43,42 |
| 18 | Belgien | IV | 95,67 | 1,74 | — | 0,32 | — | 2,56 | 0,50 | — | — | 100,79 | 42,59 | 43,00 |
| 19 | Herdringen, Kr. Arnsberg | VI | 89,64 | 1,89 | — | 0,25 | 1,54 | 6,64 | — | 0,165 | 0,218 | 100,33 | 40,20 | 40,68 |
| 20 | Oese, Kr. Iserlohn | VI | 55,39 | 0,80 | 0,93 | 0,046 | 2,65 | 36,90 | — | — | — | 96,67 | 26,32 | 25,14 |

Zechstein. Q.-Kl. II-III-VII.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|--------|-------|-------|------|------|-------|------|------|---|---|--------|-------|-------|
| 21 | Hammerforstberg, Ellrich | II-III | 55,09 | 43,91 | — | 0,18 | 0,38 | 0,12 | 0,52 | — | — | 100,20 | 46,91 | 47,28 |
| 22 | Rainberg, Ellrich | III | 46,28 | 32,28 | 0,20 | — | 19,27 | — | 1,18 | — | — | 99,21 | 37,27 | 37,31 |
| 23 | Pontelsberg b. Ellrich | VI | 96,43 | 1,72 | — | 0,05 | 0,43 | 1,02 | 0,50 | — | — | 100,15 | 43,24 | 43,33 |
| 24 | Udelfangen | VII | 60,72 | 36,67 | — | 0,46 | 1,45 | 1,91 | — | — | — | 101,21 | 44,93 | 46,13 |

Trias (Rogenstein) Q.-Kl. I-IV.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------------------------------|---|-------|------|---|------|------|------|------|---|---|-------|-------|-------|
| 25 | Schlösschenkopf bei Sangerhausen | I | 88,85 | 0,21 | — | 1,42 | — | 7,81 | 0,23 | — | — | 98,52 | 39,22 | 39,76 |
| 26 | Beesenlaubingen, Saalkreis | I | 90,43 | 1,66 | — | 0,30 | 3,77 | 3,23 | — | — | — | 99,39 | 41,49 | 40,84 |

Abkürzungen: g. Sp. = geringe Spur; Sp. = Spur; g. M. = geringe Menge.

*) Frisches Bruchmaterial; †) Baumaterial von den am besten erhaltenen Stellen; ††) Baumaterial von den am meisten verwitterten Stellen.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | CaCO ₃ | MgCO ₃ | FeCO ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ton | Quarzsand | Org. Substanz | FeS ₂ | CaSO ₄ + 2 aq | Gehalt an CO ₂ | |
|----------------|------------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|-------|-----------|---------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | | | | | | | | | | | analytisch bestimmt | auf CaO u. MgO berechnet |
| 27 | Beesenlaubingen, Saalkreis ††) | II—III | 74,78 | 1,62 | 0,94 | 11,76 | 10,70 | 1,02 | — | — | — | 33,47 | 34,02 |
| 28 | Vienenburg, Kr. Liebenburg ††) | II—III | 69,76 | 3,15 | 1,37 | 0,50 | 16,16 | 11,32 | — | — | Fe ₂ O ₃ 0,40 | 32,72 | 32,86 |
| 29 | Bernburg *) | II—III | 80,80 | 4,39 | — | 0,68 | 6,67 | 7,43 | 0,93 | — | — | 37,45 | 37,85 |
| 30 | Aderstädt *) | II—III | 79,12 | 1,79 | 0,90 | — | 1,88 | 14,46 | — | — | — | 36,54 | 35,33 |
| 31 | Grössa *) | II—III | 76,41 | 3,99 | — | 0,75 | 4,48 | 14,28 | 0,10 | — | — | 35,68 | 35,71 |
| 32 | Bernburg ††) | IV | 52,78 | 37,19 | — | 1,04 | 3,48 | 4,77 | 0,58 | 0,089 | 0,25 | 42,90 | 43,31 |
| 33 | Asse b. Schöppenstedt ††) | IV | 96,93 | 0,76 | — | 0,35 | 1,81 | 0,26 | — | — | — | 43,30 | 43,05 |

Muschelkalk Q.-Kl. IA—IV-V (Hochbau).

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------------------------------|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|--------------------------------------------|------------|--------|-------|
| 34 | } Pallien, Trier †) | } IA { | 52,89 | 42,84 | 0,48 | — | 1,56 | 1,78 | 0,36 | — | — | 99,91 | — |
| 35 | | | 53,57 | 37,51 | — | 1,09 | 1,82 | 5,20 | 0,76 | — | — | — | 99,95 |
| 36 | Hainberg, Kr. Göttingen ††) | I | 89,29 | 0,67 | — | 0,25 | 2,29 | 4,38 | 1,10 | g. M. | — | 97,98 | 40,21 |
| 37 | Jühnde, Kr. Göttingen *) | I | 96,32 | 0,44 | 1,54 | — | — | 1,10 | 0,78 | g. Sp. | — | 100,18 | 42,49 |
| 38 | Goslar ††) | I | 92,52 | 3,05 | — | 0,25 | 0,09 | 3,28 | — | CaO = 0,37 an SiO ₂ gebunden | MgO = 0,03 | 100,19 | 42,44 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------------------------------------|--------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|--------|-------|
| 39 | Bielefeld *) | I | 79,70 | 14,07 | — | 0,37 | 1,89 | 3,28 | 0,27 | — | — | 99,58 | 42,31 |
| 40 | " *) | I | 94,34 | 2,04 | — | 0,61 | 0,93 | 2,59 | 0,35 | g. M. | — | 100,86 | 42,41 |
| 41 | " †) | I | 94,48 | 1,24 | — | 0,17 | 2,42 | 1,08 | 0,25 | — | — | 99,64 | 42,24 |
| 42 | Gr. u. Kl.-Wenden bei Nordhausen *) | I | 95,72 | 1,37 | 0,32 | 0,38 | 0,58 | 1,41 | — | 0,005 | 0,107 | 99,50 | 43,03 |
| 43 | " *) | I | 97,55 | 0,74 | — | 0,87 | 0,45 | 0,51 | 0,31 | — | — | 100,43 | 42,99 |
| 44 | Hülpstedt, Kr. Worbis ††) | I | 97,35 | 0,95 | — | 0,44 | 0,08 | 0,91 | — | 0,33 | 0,77 | 100,83 | 43,75 |
| 45 | Auf dem Röddel, Kr. Querfurt ††) | I | 96,12 | 0,42 | — | 0,46 | 0,58 | 0,96 | 0,57 | — | — | 99,11 | 42,61 |
| 46 | Hottensen, Nordheim *) | I—II | 95,23 | 0,63 | 0,16 | — | 0,62 | 1,07 | 0,82 | — | — | 98,53 | 42,38 |
| 47 | Hotteln, Kr. Hildesheim †) | II | 96,55 | 1,55 | 0,42 | — | 0,45 | 1,37 | 0,09 | — | — | 100,43 | 43,08 |
| 48 | " ††) | II | 96,24 | 0,02 | — | 0,34 | 0,63 | 1,53 | 0,31 | — | 0,15 | 99,22 | 42,99 |
| 49 | " *) | II | 98,03 | 0,84 | — | 0,40 | — | 0,85 | 0,04 | — | 0,119 | 100,28 | 43,32 |
| 50 | " *) | II | 98,02 | 0,42 | — | 0,37 | 0,96 | 0,25 | 0,20 | — | — | 100,22 | 43,36 |
| 51 | " *) | II | 98,14 | 0,02 | — | 0,24 | 0,96 | 0,25 | — | — | — | 99,61 | 43,58 |
| 52 | Betheln, Kr. Marienbg. †) | II—III | 96,16 | 0,84 | — | 0,32 | 0,35 | 1,31 | 0,46 | — | — | 99,44 | 42,72 |
| 53 | Hellenberg, Dorste *) | II—III | 51,02 | 40,61 | — | 1,34 | 2,60 | 3,96 | 1,16 | — | — | 100,69 | 43,72 |
| 54 | Fallerleben ††) | II—III | 96,41 | 1,39 | — | 0,25 | 1,49 | 0,24 | 0,57 | — | — | 100,35 | 42,83 |
| 55 | Sonnenstein, Kr. Höltingen *) | III—IV | 98,82 | 0,33 | — | 0,05 | 0,96 | 0,49 | — | — | — | 100,68 | 43,36 |
| 56 | Mariengarten, Kr. Dramfeld *) | III—IV | 96,43 | 1,09 | — | 0,59 | 0,76 | 0,60 | 0,66 | — | — | 100,13 | 42,88 |
| 57 | Hotteln, Hildesheim ††) | III | 96,68 | 0,65 | 0,40 | — | 0,03 | 1,56 | 0,28 | — | — | 99,60 | 42,66 |
| 58 | " †) | IV | 97,45 | 0,80 | — | 0,31 | 0,58 | 0,40 | — | — | — | 99,54 | 43,70 |
| 59 | " ††) | IV | 97,39 | 1,03 | 0,44 | — | — | 1,04 | — | — | — | 99,90 | 43,71 |
| 60 | " *) | IV | 97,16 | 0,42 | 0,22 | — | 1,39 | 0,38 | — | — | — | 99,57 | 43,22 |
| 61 | Wanzleben (Kalksandstein) †) | IV—V | 11,71 | 6,93 | — | 1,30 | 1,68 | 77,17 | 0,09 | — | — | 98,88 | 8,68 |

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | CaCO ₃ | MgCO ₃ | FeCO ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ton | Quarzsand | Org. Substanz | FeS ₂ | CaSO ₄ + 2aq | Gehalt an CO ₂ | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|-------|-----------|---------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------|
| | | | | | | | | | | | | analytisch bestimmt | auf CaO u. MgO berechnet | |
| Muschelkalk Q.-Kl. I-VII (Wasserbau). | | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | Westerberg, Hannover †) | I | 77,57 | 0,76 | — | 0,10 | 7,62 | 13,22 | 0,67 | — | — | 100,17 | 34,59 | 34,53 |
| 63 | " ††) | I-II | 83,04 | 0,90 | — | 0,61 | 5,06 | 9,89 | 0,55 | — | — | 100,05 | 36,83 | 37,01 |
| 64 | Rüdersdorf †) | II | 96,71 | 1,24 | Sp. | Sp. | 1,05 | 0,38 | — | — | — | 99,38 | 43,24 | 43,20 |
| 65 | " ††) | II | 96,90 | 0,98 | — | 0,13 | 1,16 | 0,14 | 0,50 | — | — | 99,81 | 43,14 | 43,15 |
| 66 | Neudietendorf-Weißenfels †) | V | 96,51 | 0,88 | — | Sp. | 0,63 | 0,80 | 0,58 | — | — | 99,40 | 42,84 | 43,29 |
| 67 | Krappitz, Oppeln . . . *) | VI | 98,55 | 0,61 | — | 0,39 | 0,67 | 0,15 | 0,83 | — | — | 101,20 | 42,82 | 43,48 |
| 68 | Lengefeld †) | VI | 95,82 | 0,50 | 0,48 | — | 1,00 | 0,45 | 1,19 | — | — | 99,44 | 42,66 | 42,60 |
| 69 | Hullersien-Rotenkirchen, Kr. Einbeck . . . *) | VII | 92,86 | 0,82 | — | 0,36 | 1,62 | 3,34 | 0,35 | — | — | 99,35 | 41,55 | 41,29 |
| Muschelkalk Q.-Kl. II-VI (Erdbau). | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | Nienburg †) | II | 97,28 | 1,24 | 0,30 | — | — | 1,06 | 0,65 | g. M. | — | 100,53 | 42,81 | 43,45 |
| 71 | Bürvenich, Düren . . . *) | III | 48,85 | 33,35 | 2,84 | — | 14,43 | 0,90 | — | — | — | 100,37 | 40,98 | 40,36 |
| 72 | Weimar ††) | IV | 83,51 | 10,43 | — | 1,90 | 3,45 | 0,68 | 0,12 | Sp. | P ₂ O ₅ g. M. | 100,09 | 42,12 | 42,20 |
| 73 | Elmgebirge, Kr. Helmstedt ††) | VI | 95,09 | 0,69 | — | 0,48 | 0,53 | 2,10 | 0,43 | — | — | 99,32 | 42,33 | 42,39 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------|---|--------|-------|-------|
| 74 | Savonnières, Frankr. . . *) | VI | 88,25 | 2,21 | — | 0,31 | 0,81 | 3,72 | 2,33 | — | — | 99,00 | 40,18 | 41,27 |
| Lias. | | | | | | | | | | | | | | |
| 75 | Sülfeld (?), Kr. Gifhorn ††) | II | 97,64 | 1,51 | — | 0,43 | 0,76 | 0,23 | 0,09 | — | — | 100,66 | 43,34 | 43,84 |
| Weißer Jura. | | | | | | | | | | | | | | |
| Turon. Q.-Kl. I-II-V-VI. | | | | | | | | | | | | | | |
| 76 | Anröchte, Westfalen . †) | I-II | 49,70 | 1,09 | — | 5,42 | 7,13 | 36,68 | 0,93 | — | — | 100,95 | 21,47 | 22,44 |
| 77 | Altenbeken, Paderborn . *) | V-VI | 86,19 | 9,87 | 2,38 | — | 1,89 | — | — | — | — | 100,33 | 43,54 | 43,37 |
| 78 | " *) | V-VI | 96,05 | 2,92 | 0,30 | — | 2,26 | 0,20 | — | — | — | 101,73 | 43,92 | 43,79 |
| Senon. Q.-Kl. II-VI. | | | | | | | | | | | | | | |
| 79 | Stromberg, Münster . . *) | II | 90,64 | 0,88 | 1,70 | — | 1,97 | 4,37 | 0,11 | — | — | 99,67 | 40,55 | 40,93 |
| 80 | Anröchte, Westfalen . . *) | W | 52,60 | 0,66 | 4,80 | — | 14,57 | 26,42 | 1,09 | g. M. | — | 100,04 | 22,29 | 23,47 |
| 81 | Berkum, Westfalen . †) | E | 89,05 | 0,29 | 1,12 | — | 1,41 | 6,38 | 0,47 | — | — | 98,72 | 39,75 | 40,03 |
| Quartär. Q.-Kl. I-VI. | | | | | | | | | | | | | | |
| 82 | Lær, Kr. Melle . . . ††) | I | 98,37 | Sp. | 0,32 | — | 0,18 | 0,02 | 0,81 | 0,81 | — | 100,51 | 42,97 | 43,28 |
| 83 | Rosdorf, Kr. Darmst. . . *) | W | 98,33 | 0,12 | — | 0,09 | 0,34 | 0,05 | 1,52 | — | — | 100,11 | 43,22 | 43,32 |
| 84 | " ††) | VI | 94,20 | — | 0,64 | — | 4,55 | 0,44 | 0,94 | — | — | 100,77 | 43,40 | 43,27 |

2. Zusammenfassende Resultate.
 Minimal- und Maximalwerte (Gew.-%) der chemischen Bestandteile in den
 Kalksteinen verschiedener Qualitätsklassen.

| Qualitäts- klasse | CaCO ₃ | | MgCO ₃ | | (Ca, Mg)/CO ₃ | | FeCO ₃ | | Fe ₂ O ₃ | | Ton | | Quarzsand und imprimierte Kieselsäure | | Organische Substanzen | | FeS ₂ | CaSO ₄ + 2 aq |
|----------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|--------------------------|---------|-------------------|---------|--------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------------------------|---------|--------------------------|---------|------------------|--------------------------------|
| | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | | |
| I (20 Anal.) | 51,14 | 99,75 | 0 | 42,88 | 78,33 | 99,75 | 0 | 2,31 | 0 | 1,42 | 0 | 7,62 | 0,02 | 13,22 | 0 | 3,10 | 0—0,81 | 0—0,107 |
| I—II (8 Anal.) | 49,70 | 95,23 | 0,27 | 46,20 | 50,79 | 97,45 | 0 | 0,93 | 0 | 5,42 | 0,62 | 7,13 | 0,03 | 36,68 | 0,14 | 1,27 | 0—0,097 | 0—0,254 |
| II (11 Anal.) | 90,64 | 98,14 | 0,02 | 1,91 | 91,54 | 99,15 | 0 | 1,70 | 0 | 0,43 | 0 | 1,97 | 0,14 | 4,37 | 0 | 0,65 | 0—0,002 | 0—0,15 |
| II—III (10 Anal.) | 55,09 | 96,41 | 0,21 | 43,91 | 76,40 | 99,00 | 0 | 1,37 | 0 | 1,34 | 0,38 | 16,16 | 0,12 | 11,32 | 0,10 | 1,92 | — | 0—0,095 |
| III (6 Anal.) | 46,28 | 99,11 | 0 | 33,35 | 78,56 | 100,00 | 0 | 2,84 | 0 | 0,05 | 0,03 | 19,27 | 0 | 1,56 | 0 | 1,18 | — | — |
| III—IV (2 Anal.) | 96,43 | 98,82 | 0,31 | 1,09 | 97,52 | 99,15 | — | — | 0,05 | 0,59 | 0,76 | 0,96 | 0,49 | 0,60 | 0 | 0,66 | — | — |
| IV (7 Anal.) | 52,78 | 97,45 | 0,42 | 37,19 | 89,97 | 98,42 | 0 | 0,44 | 0 | 1,90 | 0 | 3,48 | 0,26 | 4,77 | 0 | 0,58 | 0—0,089 | 0—0,25 |
| IV—V (2 Anal.) | 11,71 | 83,03 | 1,20 | 6,93 | 18,64 | 84,23 | — | — | 0,15 | 1,30 | 1,68 | 7,88 | 5,31 | 77,17 | 0 | 0,09 | 0—0,64 | 0—0,137 |
| V (3 Anal.) | 52,60 | 96,51 | 0,66 | 7,85 | 53,26 | 97,39 | 0 | 4,80 | — | — | 0,63 | 14,57 | 0,80 | 26,42 | 0,30 | 1,09 | 0—0,24 | 0—0,268 |
| V—VI (3 Anal.) | 86,19 | 96,33 | 2,92 | 9,87 | 96,06 | 99,77 | 0 | 2,38 | — | — | 0,52 | 2,26 | 0 | 0,36 | — | — | 0—0,0028 | 0—0,04 |
| VI (10 Anal.) | 55,39 | 98,55 | 0 | 43,91 | 56,14 | 99,16 | 0 | 1,12 | 0 | 0,48 | 0 | 4,55 | 0,05 | 36,90 | 0 | 2,33 | 0—0,165 | 0—0,218 |

Aus dieser Zusammenstellung lassen sich folgende allgemeine Resultate ableiten:

a) Der Gesamtgehalt an Karbonaten und das Mengenverhältnis von Kalzium- und Magnesiumkarbonat.

630. Für die untersuchten Kalksteine ergibt sich ein Gehalt an $(\text{Ca, Mg}) \text{CO}_3$ von 50,79 bis 100%¹⁾. In den besten Materialien schwankt dieser Gehalt zwischen 78,33 und 99,75%, in den schlechtesten zwischen 56,14 und 99,16%. Während der Minimalgehalt von 50,79% sich an einem Gestein der Qualitätsklasse I—II findet, gehört der Kalkstein mit 100% $(\text{Ca, Mg}) \text{CO}_3$ der Qualitätsklasse III an. Eine gesetzmäßige Abhängigkeit des Wetterbeständigkeitsgrades der Kalksteine von ihrem Gehalt an Karbonaten tritt daher nicht unmittelbar hervor. Es wäre aber irrig, hieraus schließen zu wollen, daß die Reinheit der Kalksubstanz ohne Einfluß auf die Qualität des Materials sei; wohl aber wird man diesen Einfluß nicht in dem Maße als vorherrschend betrachten dürfen, daß er durch andere ungünstige Eigenschaften des Gesteins nicht aufgehoben werden könnte. Ebenso wenig ist ein maßgebender Einfluß des Magnesiagehalts auf die Qualität des Kalksteins ohne weiteres erkennbar. Unter den Gesteinen der Qualitätsklasse I finden sich solche, welche 0 bis 42,88% Mg CO_3 enthalten, und annähernd in denselben Grenzen, nämlich von 0 bis 43,91%, schwankt dieser Bestandteil in den Gesteinen der Klasse VI.

Scheidet man aber aus der obigen Zusammenstellung diejenigen Kalksteine aus, welche vermöge ihrer Porositätsverhältnisse der Frostwirkung unterliegen oder infolge eines beträchtlichen Gehalts an Eisenkies bzw. an organischen Bestandteilen wetterunbeständig sind, so erkennt man, daß die reinen Kalksteine einen sehr erheblich größeren Bruchteil an wetterfesten Materialien liefern, als diejenigen, welche einen größeren Prozentsatz an Nebenbestandteilen, insbesondere an Ton und Sand, enthalten. Ein wesentlicher Einfluß des Magnesiagehalts läßt sich aber auch bei einer derartigen Vergleichung nicht feststellen, und während die dolomitischen Kalke in geologischen Zeiträumen wesentlich andere Verwitterungserscheinungen als die reinen Kalksteine aufweisen, tritt ein solcher Unterschied innerhalb der für Bauwerke in Betracht kommenden Zeitabschnitte nicht hervor.

Auch betreffs des Gehalts an Eisenkarbonat, dessen Menge in den besten Kalksteinen zwischen 0 und 2,31%, bei den schlechteren

¹⁾ Die Übergangsglieder zwischen sandigem Kalkstein und Kalksandstein sind außer Betracht gelassen worden.

Sorten zwischen 0 und 4,8% schwankt, hat sich ein erheblicher Einfluß auf die Wetterfestigkeit des betreffenden Gesteins nicht feststellen lassen. Eine Umwandlung des Karbonats in Eisenhydroxyd ist erst bei Gesteinen in Bauten von mehr als 150 Jahren beobachtet worden, doch hatte diese Umwandlung nur an der Oberfläche stattgefunden, ohne daß damit eine beträchtliche Auflockerung des Mineralgefüges verbunden war.

Die Analyse mancher Kalksteine ergibt einen etwas größeren Kalk- bzw. Magnesiumgehalt, als der gefundenen Kohlensäuremenge entspricht, und man wird annehmen dürfen, daß dieser Überschuß auf das Vorhandensein eines Kalk-Magnesiumsilikats zurückzuführen ist. Wenngleich der Einfluß eines solchen Nebenbestandteils als günstig betrachtet werden darf, so ist die Menge desselben in den untersuchten Kalksteinen doch zu gering, als daß sich die Art der Einwirkung auf die Wetterfestigkeit des Materials tatsächlich nachweisen ließe.

b) Der Gehalt an Ton, Kieselsäure, organischer Substanz und Eisenkies.

631. Der in verdünnter Salzsäure unlösliche Rückstand der Kalksteine, welcher Ton, Quarzsand und die als Imprägnation auftretende Kieselsäure enthält, bereitet der chemischen Trennung seiner Mineralbestandteile die gleiche Schwierigkeit, wie die tonigen Bindemittelsubstanzen der Sandsteine (s. S. 426). Man muß sich deshalb darauf beschränken, den Sandgehalt in dem betreffenden Rückstand abzuschlämmen, den Rest durch konzentrierte Schwefelsäure in der Siedehitze aufzuschließen, den Tonerdegehalt in der Lösung analytisch zu bestimmen, den dazu gehörigen Kieselsäuregehalt nach der Kaolinformel zu berechnen und den sich ergebenden Überschuß an SiO_2 als Kieselimprägnation in Ansatz zu bringen. Da das Abschlämmungsprodukt aber auch feinen Quarzsand enthalten kann und andererseits die tonigen Substanzen nicht selten eine vom Kaolin recht beträchtlich abweichende Zusammensetzung haben, so kann die gedachte Methode nur näherungsweise Resultate liefern.

632. Der Tongehalt zeigt für die einzelnen Qualitätsklassen ähnlich unregelmäßige Schwankungen, wie alle übrigen Nebenbestandteile der Kalksteine. Er beträgt z. B. für die untersuchten Gesteine der Klasse I 0 bis 7,62%, für die der Klasse III 0,03 bis 19,27%, für die der Klasse IV 0 bis 0,48%. Scheidet man die frostunbeständigen Materialien aus der Zusammenstellung aus, so ergibt sich zwar ein beträchtlich höherer Prozentsatz wetterbeständiger Gesteine unter den tonarmen als unter den tonreichen Materialien, aber es kommen auch erstklassige Gesteine mit einem Gehalt von über 7% Al_2O_3 vor.

Eine Erklärung für diese auffällige Erscheinung liefert die mikroskopische Untersuchung der Kalksteine. Danach treten tonige Substanzen teils als feinpulverige Einlagerungen inmitten der Kalkkörnchen auf, teils als Bestandteile der Kornbindungsmasse.

Im ersteren Falle kann bei unmittelbarer Kornverwachsung ein Tongehalt bis zu 8% noch bei vollkommen wetterfesten Materialien vorkommen, während ein solcher Gehalt in der Kornbindungsmasse die Qualität des Gesteins sehr erheblich beeinträchtigt. Aber auch bei Kalksteinen der letzteren Art wird der ungünstige Einfluß eines noch größeren Tongehalts durch reichliche Silifizierung des Gesteins vollkommen aufgehoben werden können.

633. Der Gehalt an Quarzsand kann selbst bei besseren Kalksteinarten bis auf etwa 37% steigen. Die ungünstige Wirkung dieses Nebenbestandteils beruht lediglich darauf, daß durch sehr reichliche Einlagerung desselben die Kontinuität der Bindung der Kalkkörner unterbrochen wird. Da aber Kalksandsteine mit 20 bis 30% kalkigem Bindemittel unter Umständen recht wetterbeständige Gesteine bilden können, der Sandgehalt im Mörtel sogar 75 bis 80% beträgt, so wird ein mäßiger Gehalt an Quarzsand bei kristallinischer Ausbildung der Kalksubstanz die Qualität des Gesteins nicht erheblich zu beeinträchtigen vermögen.

634. Die organischen Beimengungen sind teils bituminöser Natur, wie in den meisten rauchgrauen Kalksteinen, teils bestehen sie im wesentlichen aus reinem Kohlenstoff, wie das in der Regel bei den schwarz gefärbten Abänderungen der paläozoischen Formationen der Fall ist, während die dunklen Kalksteine der jüngeren Ablagerungen nicht selten ebenfalls stark bituminös sind. Bewirkt ein größerer Bitumengehalt durch Oxydation eine Auflockerung des Gesteinsgefüges, so erhöhen die kohligen Einlagerungen die hygroskopische Eigenschaft der Gesteine und vermindern dadurch ihre Frostbeständigkeit. Auch wirken diese Nebenbestandteile dadurch ungünstig auf die Qualität des Gesteins ein, daß sie die Intensität der Kornbindung beeinträchtigen.

Wie bei den tonigen Einlagerungen ist auch hier der schädliche Einfluß am geringsten, wenn bei unmittelbarer Kornverwachsung des Gesteins die organischen Bestandteile von den Kalkspatkörnern vollkommen umschlossen werden, während ein reichlicher Gehalt an bituminöser oder kohligter Substanz in der kalkigen Zwischenmasse oder als Einlagerung zwischen den Kalkkörnern stets in sehr ungünstiger Weise auf die Wetterbeständigkeit des Gesteins einwirkt.

Bei Kalksteinen der ersteren Art kann der Kohlenstoffgehalt ohne erhebliche Beeinträchtigung der Gesteinsqualität bis auf 3% steigen, während selbst ein geringerer Gehalt innerhalb der Zwischenmasse die Beständigkeit des Materials erheblich zu verringern vermag.

Es ist jedoch wohl zu beachten, daß eine mehr oder weniger starke Silifizierung des Gesteins den schädlichen Einfluß der bituminösen und kohligen Beimengungen gänzlich aufzuheben bzw. beträchtlich zu verringern vermag.

635. Zu den schädlichsten Beimengungen der Kalksteine gehört ein reichlicher Gehalt an Eisenkies bzw. Markasit. Die Leichtigkeit,



Fig. 268. Fußbodenbelag von Rouge belge und schlesischem Marmor im Vestibul der Technischen Hochschule zu Charlottenburg. Defekte nach 9 Jahren.

mit der das Eisenbisulfid sich unter Bildung freier Schwefelsäure zersetzt, läßt es erklärlich erscheinen, daß derartige Gesteine in kurzer Zeit eine vollkommene Zerstörung erleiden können¹⁾. Immerhin gehört

¹⁾ Die als Markasit oder Strahlkies bezeichnete Modifikation des Eisenbisulfids verwittert beträchtlich leichter als Eisenkies.

hierzu ein größerer Eisenkies-Gehalt, dessen Einfluß überdies sehr wesentlich von der strukturellen Form der Beimengung abhängt.

Am ungünstigsten wirkt eine sehr feine, gleichmäßige Verteilung dieses Bestandteils im Gestein, zumal wenn dieselbe von solcher Beschaffenheit ist, daß selbst bei stärkster mikroskopischer Vergrößerung eine Unterscheidung der Eisenkiespartikel sich nicht mehr ermöglichen läßt. Eine derartige Ausbildung zeigen z. B. gewisse Lagen des Rüdersdorfer Schaumkalks, dessen Gehalt an FeS_2 nur c. 0,1% beträgt, obgleich das Gestein dadurch gleichmäßig blaugrau gefärbt wird, welche Farbe in der Luft alsbald in hell ockergelb umgewandelt wird. Bei einer so feinen Verteilung vermag schon ein Gehalt von 0,2% FeS_2 höchst ungünstig auf die Beständigkeit des Gesteins einzuwirken, zumal, wenn dasselbe einen namhaften Tongehalt besitzt und infolgedessen stark wasser- aufsaugend wirkt.



Fig. 269. Einzelne Fliese von Rouge belge desselben Fußbodens. Ausgetretene Tonadern bis zu $2\frac{1}{2}$ cm Tiefe. Maßstab 1:8.

Ist dagegen der Eisenkies bzw. Markasit in einzelnen Körnern im Gestein eingesprengt, so bedarf es einer beträchtlich größeren Menge dieses Bestandteils, um eine namhafte schädliche Wirkung hervorzurufen; denn zur Zersetzung von 100 Gew.-T. CaCO_3 gehören etwa 98 Gew.-T. Schwefelsäure und zur Erzeugung derselben c. 60 Gew.-T. FeS_2 . Ein Gehalt von wenigen Prozenten Eisenkies vermag also, wenn derselbe in isolierten Körnern eingesprengt ist, nur eine verhältnismäßig geringe Zersetzung des Gesteins, in Form höhliger Ausnagungen, zu bewirken. Häufig findet aber bei derartigen Kalksteinen eine lokale Anreicherung

des Eisenkieses statt, und Werkstücke, welche solche nesterartigen Einlagerungen von FeS_2 enthalten, verwittern meist in kurzer Zeit.

Ist das Gestein mehr oder weniger stark silifiziert, so kann dadurch die schädliche Wirkung des Eisenkiesgehalts nahezu oder doch in beträchtlichem Maße aufgehoben werden.

Vielfach ist der Eisenkiesgehalt der Kalksteine schon in der Erdrinde teilweise oder ganz zersetzt, und solche Gesteine geben, in gepulvertem Zustande mit Wasser ausgekocht, eine wägbare Menge von Gips an dieses ab. In den untersuchten Kalksteinen beträgt der auf die gedachte Weise entstandene Gipsgehalt bis zu 0,27%. Auch bei diesem Maximalgehalt läßt sich jedoch eine namhafte Einbuße der Qualität des Gesteins nicht nachweisen.

Kapitel 48.

Die Verwitterung der Kalksteine.

a) Kalksteine im allgemeinen.

636. Die Verwitterung beruht im wesentlichen:

- a) auf der mangelhaften Kornverwachsung, bedingt durch eine diskontinuierliche, kristallinische Ausbildung, durch die pelitomorphe Beschaffenheit der Kalksubstanz bzw. durch fremdartige, insbesondere tonige, bituminöse oder kohlige Einlagerungen;
- b) auf der Frostwirkung;
- c) auf einem größeren Gehalt an Eisenbisulfid.

Je nach den ursächlichen Bedingungen ist auch die Erscheinungsweise der Verwitterung eine verschiedene, und es lassen sich namentlich folgende Typen unterscheiden:

Typ. 1. Glatte, ebenflächige Abwitterung.

Dieselbe kann nur bei dichten Kalksteinen von sehr gleichmäßiger Struktur zur Ausbildung gelangen und tritt in stärkerem Maße bei pelitomorpher Textur oder bei toniger Beschaffenheit auf.

Typ. 2. Glatte, unebene (wellige, buckelförmige oder völlig unregelmäßige) Abwitterung.

Tritt bei dichten Kalksteinen (insbesondere von toniger oder pelitomorpher Beschaffenheit) auf, falls ihre Struktur eine der Verwitterungsform entsprechende Differenzierung zeigt.

Typ. 3. Narbige bis höckerige Abwitterung.

Gelangt bei dichten Kalksteinen zur Ausbildung, welche Texturunterschiede in kleinen Intervallen oder feinkörnige Einsprengungen von Eisenkies aufweisen.

Typ. 4. Löcherige Ausnägung.

Entsteht bei pelitomorph struierten, muschelführenden Kalksteinen oder dergl. Schaumkalken; auch bei nesterweiser Einlagerung von Eisenkies oder toniger Substanz.

Typ. 5. Regelmäßig schichtenförmige Auswitterung.

Tritt bei Kalksteinen auf, die dünnsschichtige Einlagerungen von stark toniger bezw. pelitomorpher Beschaffenheit haben.

Typ. 6. Aufblätterung und dünnplattige Abwitterung.

Entsteht bei dünnsschichtigen, namentlich tonigen Kalksteinen durch Einwirkung des Frostes.

Typ. 7. Unregelmäßige Zerklüftung und Abbröckelung.

Gelangt bei nicht geschichteten, insbesondere tonigen Kalksteinen durch Frostwirkung zur Ausbildung.

Typ. 8. Korrosion der Oberfläche durch Moos- und Flechtenbildung.

Findet sich namentlich bei tonhaltigen oder porösen Kalksteinen.

b) Dichter Marmor (politurfähiger, dichter Kalkstein).

637. Derselbe kann die meisten der vorstehend angeführten Verwitterungstypen aufweisen. Da die bunten Abänderungen vielfach fremde, leicht zerstörbare Einschlüsse besitzen, so gelangen hier insbesondere die höckerigen und löcherigen Verwitterungsformen zur Ausbildung.

Sehr häufig finden sich aderförmige, tonige Einlagerungen, wie z. B. bei dem rotbraunen, weißgefleckten belgischen Marmor (Rouge belge), der namentlich als Fußbodenbelag verwendet wird, obgleich er, selbst in gedeckten Räumen, sehr bald starke Defekte erleidet. Durch die von der Straße hineingetragene Feuchtigkeit werden die Tonadern erweicht und in kurzer Zeit ausgetreten (s. Fig. 268 u. 269 S. 533).

c) Körniger Marmor.

638. Derselbe zeigt besonders folgende Verwitterungsformen:

Typ. 1. Rauhe, körnige Oberflächenverwitterung.

Entsteht durch die auflösende Wirkung der kohlensäurehaltigen, meteorischen Niederschläge (namentlich in Parkanlagen), durch die Einwirkung der aus den Rauchgasen entstammenden schwefligen Säure oder auch durch Frostwirkung,

bedingt durch das Eindringen des Wassers in die bei der Bearbeitung sich bildenden Kapillaren.

Typ. 2. Rißbildung in den Körnern, namentlich bei grobkörnigem Gefüge.

Tritt als Folge der Sonnenbestrahlung vorzugsweise bei solchen Marmorarten auf, die durch stark deformierte, polysynthetische Zwillingsbildung oder durch kataklastische Struktur ausgezeichnet sind (s. Fig. 247 und 248, S. 514).

Typ. 3. Narbige Oberflächenwitterung.

Findet sich bei gleichförmiger, feiner Einlagerung von Eisenkies oder kohligten Partikeln (in bläulichgrauen Abänderungen); desgl. auch bei kataklastischer Zwischenmasse zwischen den gröberen körnigen Bestandteilen.

Typ. 4. Aderförmige Ausnagung.

Entsteht bei tonigen oder eisenockerigen Einlagerungen.

Typ. 5. Aderförmige Zerklüftung.

Entsteht durch Frostwirkung bei tonigen, glimmerigen oder sonstigen wasseraufsaugenden Einlagerungen.

Typ. 6. Starke Risse und Abbröckelungen.

Frostwirkung bei hohem Sättigungskoeffizienten.

Typ. 7. Korrosion der Oberfläche durch Moos- und Flechtenbildung.

Namentlich bei tonhaltigen oder porösen Marmorarten in feuchter Umgebung.

639. Die aufgeführten Verwitterungstypen kommen nicht selten miteinander kombiniert vor, und ihre Ausbildungsformen können namentlich unter Mitwirkung des Frostes mancherlei Abänderungen erfahren. Häufig ist mit der Verwitterung eine Farbenänderung verbunden, und zwar handelt es sich dabei meistens um ein Ausbleichen der dunkleren Kalksteine infolge Oxydation des Bitumengehalts oder aber um das Auftreten einer rostgelben Färbung durch Zersetzung des eingeschlossenen Eisenbisulfids.

Kapitel 49.

Spezielle Prüfungsmethoden.

A. Mikroskopische Bestimmung der Struktur und Kornbindung.

640. Für die Feststellung der allgemeinen Strukturverhältnisse der Kalksteine genügt eine 30—120fache mikroskopische Vergrößerung, während es zur sicheren Bestimmung der Kornbindungsarten einer 500—800fachen Vergrößerung bedarf, unter Anwendung künstlicher Beleuchtung, für welche sich am besten das Gasglühlicht eignet.

Am einfachsten gestaltet sich die Untersuchung der kristallinen bis mikrokristallinen, kryptokristallinen und pelitomorphen Kalksteine. Schwieriger wird die Bestimmung der maßgebenden Strukturverhältnisse bei solchen Kalksteinen, die im wesentlichen aus den Schalen von Konchylien, Foraminiferen usw., oder aus oolithischen Körnern bestehen.

Man hat auch hier an dem Erfahrungssatz festzuhalten, daß die kristallinische Ausbildung der Hauptbestandmasse, sowie des kalkigen Zements, die Grundbedingung für die Wetterbeständigkeit des Gesteins bildet, gegenüber der pelitomorphen Beschaffenheit seiner Strukturelemente und namentlich des Zements, wodurch die minderwertigen Kalksteine charakterisiert sind.

Über die bei der mikroskopischen Untersuchung zu unterscheidenden Strukturtypen s. Abs. 613 bis 626 S. 513 u. f.

B. Die Kornbindungsfestigkeit und ihre Verminderung durch Wassereinwirkung.

641. Die Kornbindungsfestigkeit der Kalksteine, d. h. der Festigkeitsgrad, mit welchem ihre körnigen Bestandteile unmittelbar aneinander haften bezw. durch kalkige Zwischenmasse von mikrokristalliner, kryptokristalliner oder pelitomorpher Ausbildung miteinander verbunden sind, wird ziffernmäßig durch Prüfung der Zugfestigkeit ζ nach der (Abs. 515 S. 416) für Sandsteine angegebenen Methode bestimmt.

Die Reduktion von ζ auf die tatsächlichen Bindungselemente der Zerreißungsfläche geschieht für die verschiedenen Strukturtypen in folgender Weise:

a) für kristalline und dichte Kalksteine (Typ. A bis E und H). Der absolute Porositätskoeffizient P wird nach der Abs. 198,

199 S. 107 u. f. angegebenen Methode festgestellt, die Kornbindungsfläche f nach Abs. 296 S. 189 bestimmt und die Bindungsfestigkeit ζ_r nach der Formel $\zeta_r = \frac{\zeta \cdot 100}{f}$ berechnet;

b) für Schaumkalke (Typ. G) und Kalktuffe (Typ. Q). Der Rauminhalt der Schaumporen bzw. der kavernösen Hohlräume ist auf mikrometrischem Wege festzustellen (s. Abs. 277 S. 167), der Querschnitt des Probekörpers auf das von groben Poren freie Material zu reduzieren und alsdann die Bindungsfestigkeit des letzteren nach a) zu berechnen.

Beispiel: Die mikrometrische Feststellung der Schaumporen eines Kalksteins ergebe 20 Raumprocente des Gesteins; die Bestimmung des gesamten Porengehalts liefere einen Porositätskoeffizienten $P = 24,5$, so daß also für die von groben Poren freie Kalksteinmasse $P = 24,5 - 20 = 4,5$ ist. Die Zugfestigkeit ζ sei für 1 qcm Querschnitt = 48 kg gefunden, berechnet sich also für die feinporige Zwischenmasse zu $\frac{48 \cdot 100}{80} = 60$. Nach Abs. 296 S. 189 entspricht dem Porositätskoeffizienten 4,5 eine Bindungsfläche von ca. 73, und es ist somit $\zeta_r = \frac{60 \cdot 100}{73} = 82,2$.

Anmerkung: Läßt sich bei sehr unregelmäßig struierten oder stark bröckligen Gesteinen eine Ausmessung der größeren Hohlräume mit genügender Sicherheit nicht bewirken, so muß man sich darauf beschränken, das Resultat der Zugfestigkeitsprüfung, nach Maßgabe des Porositätskoeffizienten, auf die porenfrei gedachte Zerreißungsfläche zu reduzieren.

642. Um die Erweichbarkeit der Kalksteine in Wasser zu bestimmen, wird die an lufttrockenem Material ausgeführte Zugfestigkeitsbestimmung an wassergesättigten Probestücken wiederholt. Da der Erweichungskoeffizient η aus dem Quotienten beider Festigkeitsbestimmungen berechnet wird, so bedarf es hierbei einer Reduktion des letzteren auf die tatsächlichen Bindungselemente nicht.

Je nachdem das Material auf seinen Wetterbeständigkeitsgrad bei Verwendung zu Hochbauten, zu Bauteilen in unmittelbarer Berührung mit feuchtem Erdreich oder zu Wasserbauten geprüft werden soll, wird der Erweichungskoeffizient η_{1-3} nach einer Wasserlagerung der Probestücke von 3, 10 bzw. 30 Tagen bestimmt.

Anmerkung: Bei dichten Kalksteinen kann die Erweichbarkeit in Wasser auch durch die Härteprüfung des trockenen und

wassergesättigten Materials festgestellt werden. Siehe hierüber Kap. 7 S. 83 u. f.

643. Wie bereits in Abs. 304 S. 193 des weiteren ausgeführt worden ist, findet auch bei solchen Gesteinen, die einer Wassererweichung nicht unterliegen, eine meßbare Festigkeitsverminderung durch Wasseraufnahme statt. Dieselbe beträgt für tonfreien, vollkommen kristallinen Marmor (Strukturtypus A) jedoch höchstens $\frac{1}{10}$ der Trockenfestigkeit, und es werden deshalb Kalksteine, für welche η nicht beträchtlich unter 0,9 hinabgeht, als in Wasser nicht erweichbar zu bezeichnen sein.

Als Ursache einer tatsächlichen Erweichbarkeit der Kalksteine in Wasser kommen in Betracht:

- 1) ein größerer Tongehalt des Gesteins;
- 2) die pelitomorphe Beschaffenheit a) der gesamten Kalksteinmasse oder b) der Zwischenmasse, welche die kristallinen Kalkkörner verbindet.

In jedem Falle übt eine starke Erweichbarkeit der Kalksteine einen sehr ungünstigen Einfluß auf ihren Wetterbeständigkeitsgrad aus, und insbesondere bei hohem Sättigungskoeffizienten erliegen sie in verhältnismäßig kurzer Zeit der Wirkung des Frostes. Dünnschichtige Gesteine dieser Art zeigen alsbald starke Abblätterung, massig ausgebildete Kalksteine mehr oder weniger starke Zerklüftung.

Nicht selten kommen Kalksteine vor, welche bei beträchtlichem Tongehalt nur einen sehr geringen Erweichungskoeffizienten aufweisen. In solchem Falle ist entweder die Kalkmasse in namhafter Weise silifiziert, oder es findet sich die tonige Substanz in den kristallinen Kalkkörnern eingeschlossen, während diese entweder unmittelbar oder durch ein nahezu tonfreies kalkiges Zwischenmittel verbunden sind.

C. Färbungsversuche zur Ermittlung der allgemeinen Strukturverhältnisse.

644. Die Ausführung der Untersuchung geschieht nach Kap. 11 S. 172 u. f. Für die Beurteilung der Kalksteinstruktur sind die in der folgenden Zusammenstellung aufgeführten Erscheinungen zu berücksichtigen.

Färbungstypen der Kalksteine einschl. der Marmorarten.

Intensität der Gesteinsfärbung: a) schwach bläulich, b) hell indigoblau, c) intensiv indigoblau, d) schwarzblau. Siehe hierzu Fig. 83—118 S. 175 u. f.

| Typ. | Färbungs- erscheinung an der durchschlagenen Gesteinsprobe | Struktur des Kalksteins |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | Keine merkliche Farbeneindringung (Fig. 84 S. 175) | Sehr dichtes Gefüge, wie es besonders bei tonfreien Kalksteinen mit splittrigem Bruch vorkommt. |
| II | Farbeneindringung nur in Spaltrissen (Fig. 85) | Gestein mit sehr dichtem Gefüge, aber feinen Spaltrissen. <small>Anmerkung: Die Prüfung ist an geschnittenen Probestücken zu wiederholen, um festzustellen, ob die Risse bereits im Bruchgestein vorhanden oder erst beim Schlagen der Probestücke entstanden sind.</small> |
| III | Lineare, rudimentäre Schichteindringung (Fig. 86) | Sehr dichtes, undeutlich geschichtetes Gestein mit Neigung zu schiefriger Ablösung. |
| IV und V | Mehr oder weniger vollkommene, lineare Schichteindringung (Fig. 87 und 88) | Sehr dichtes, mehr oder weniger deutlich geschichtetes Gestein, auf den Schichtflächen mit einem sehr dünnen tonigen, den Farbstoff aufsaugenden Belag oder an den Schichtgrenzen mit lockerer bzw. pelitomorpher Stukturausbildung. |
| VI | Nur auf Spalt- und Absonderungsflächen schalig durchfärbt (Fig. 89 S. 176) | Sehr dichtes Gestein, von unregelmäßigen Absonderungsflächen durchsetzt. |
| VII | Mehr oder weniger vollkommene, keilförmige Schichteindringung (Fig. 90) | Sehr dichtes Gestein mit schichtförmigen, aber nicht scharf abgegrenzten mergeligen Einlagerungen oder dergleichen lockeren bzw. pelitomorphen Strukturlagen. |
| VIII | Gleichmäßig schmale Randfärbung (Fig. 91) | Mergeliger oder auch lockerer, mikrokristalliner bzw. pelitomorpher, sehr gleichmäßig struierter Kalkstein. |
| IX | Gleichmäßig schmale Randfärbung mit Eindringung in Spaltrissen (Fig. 92) | Mergeliger oder auch lockerer, mikrokristalliner bzw. pelitomorpher, sehr gleichmäßig struierter Kalkstein mit Spaltrissen. (Siehe die Anmerkung zu Typ. II.) |
| XI | Gleichmäßig schmale Randfärbung mit mehr oder weniger vollkommener Schichteindringung (Fig. 94) | Mergeliger oder auch lockerer, mikrokristalliner bzw. pelitomorpher geschichteter Kalkstein mit tonigem Belag auf den Schichtflächen oder poröser Stukturausbildung an den Schichtgrenzen. |

| Typ. | Färbungs- erscheinung an der durchschlagenen Gesteinsprobe | Struktur des Kalksteins |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XVII | Breite bogenförmige Randfärbung an allen Seiten (Fig. 100 S. 177) | Gleichmäßig struiertes, toniges Gestein oder solches von lockerer, mikrokristalliner bezw. pelitomorpher Ausbildung. Auch sehr feinporige Schaumkalke mit ziemlich lockerer Kornbindung zeigen diesen Färbungstypus. |
| XVIII | Breite bogenförmige Randfärbung an allen Seiten mit Eindringung in Spaltrissen (Fig. 101 S. 178) | Gleichmäßig struiertes, toniges Gestein oder solches von lockerer, mikrokristalliner bezw. pelitomorpher Ausbildung mit Spalt- rissen. (Siehe die Anmerkung zu Typ. II.) |
| XIX | Breite Randfärbung mit ungleichmäßigen rund- lichen Eindringungen an der Schichtfläche und keilförmigen Schicht- streifen (Fig. 102) | Sehr lockeres, mikrokristallines bezw. pelitomorphes oder stark mergeliges, dichtes Gestein mit unvollkommener Schichtung. Auch Schaumkalke mit lockeren Cumuliten zeigen diesen Färbungstypus. |
| XXII | Breite Randfärbung mit mehr oder weniger vollkommener, schwach keilförmiger Schicht- streifung (Fig. 105) | Lockeres, mikrokristallines bezw. pelito- morphes oder auch mergeliges Gestein mit vollkommener Schichtung. |
| XXIII | Breite Randfärbung mit rundlichen Ein- dringungen, namentlich an den Querflächen (Fig. 106) | Schaumkalk mit lockeren Cumuliten, sowie poröses, mikrokristallines bezw. pelito- morphes Gestein mit lockerer Kornbindung, oder auch stark toniger, unregelmäßig struierter Kalkstein. |
| XXVI | Unregelmäßig netz- artige Durchfärbung mit rundl. Eindringungen in die ungefärbten Maschen (Fig. 109 S. 179) | Mikrokristalliner Schaumkalk oder Kalk- tuff mit netzartiger, pelitomorpher bezw. toniger Durchwachsung. |
| XXVIII | Vollständig durchfärbte Zwischenmasse bei ungefärbten, körnigen Bestandteilen (Fig. 111) | Mesokristalliner oder mikrokristalliner Kalkstein mit pelitomorpher oder toniger Ausfüllung der zusammenhängenden Tex- turporen. |
| XXX | Mehr oder weniger gleichmäßige, hell indigoblaue Durch- färbung (Fig. 113 S. 180) | Dichter, mehr oder weniger gleichmäßig struierter Kalkstein mit ziemlich lockerer Kornbindung. |
| XXXI | Mehr oder weniger un- gleichmäßige, intensiv indigoblaue Durch- färbung (Fig. 114) | Dichter, mehr oder weniger ungleich- mäßig struierter Kalkstein mit lockerer Kornbindung bezw. mikrogranulösen, merge- ligen Einlagerungen. |

| Typ. | Färbungs- erscheinung an der durchschlagenen Gesteinsprobe | Struktur des Kalksteins |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XXXII | Ungleichmäßige, schwarzblaue Durch- färbung (Fig. 115). | Dichter, ungleichmäßig struierter Kalk- stein mit lockerer, stellenweise sehr lockerer Kornbindung oder stark tonigen Einlage- gerungen. |
| XXXIII | Marmortypen. Gleichmäßig, schwach bläulich durchfärbt (Fig. 116). | Unmittelbare, vollkommen bis ziemlich vollkommen kompakte Kornbindung. |
| XXXIV | Schwach bläulich durchfärbt mit dunk- leren Flecken (Fig. 117) | Unmittelbare, vollkommen bis ziemlich vollkommen kompakte, stellenweise jedoch ziemlich lockere Kornbindung. |
| XXXV | Schwach bläulich durchfärbt mit dunk- leren, in der Mitte intensiv gefärbten Flecken (Fig. 118). | Unmittelbare, vollkommen bis ziemlich vollkommen kompakte, stellenweise jedoch ziemlich lockere bis sehr lockere Korn- bindung. |

D. Bestimmung der Porositätsverhältnisse und Frostprüfung.

645. Die Feststellung des Porositätskoeffizienten, des Verteilungs- und Sättigungskoeffizienten geschieht im allgemeinen nach den für die Untersuchung der Sandsteine in Abs. 520 S. 418 gegebenen Vorschriften. Für dichte Kalksteine mit geringer Wasseraufsaugung empfiehlt es sich jedoch, den Rauminhalt des mit Paraffin überzogenen Probekörpers durch das Gewicht des verdrängten Wassers zu bestimmen. Über die aus diesen Untersuchungen abzuleitende Beurteilung des Frostbeständigkeitsgrades s. Abs. 524 und 525, S. 422 und 423.

Die Ausführung der experimentellen Frostprüfung erfolgt nach Abs. 526—527 S. 423; für die Beurteilung der erhaltenen Resultate sind auch hier die in Abs. 528—529 dargelegten Gesichtspunkte maßgebend.

E. Die chemische Untersuchung der Kalksteine.

646. --Bei der chemischen Untersuchung der Kalksteine handelt es sich für den vorliegenden Zweck um die quantitative Bestimmung folgender Bestandteile: 1) Kalziumkarbonat, 2) Magnesiumkarbonat,

3) Eisenkarbonat, 4) Eisenoxyd, 5) Ton, 6) Kieselsäure, die in Form von Quarzsand, als Infiltrationsprodukt oder in beigemengten Silikaten vorhanden sein kann, 7) organische Substanzen, 8) Eisenkies.

Kleine Mengen von Alkalien, welche in manchen Kalksteinen vorkommen, wie andererseits ein Gehalt an Phosphorsäure haben sich als gänzlich bedeutungslos für die Wetterbeständigkeit der Kalksteine erwiesen und können daher bei der Analyse vernachlässigt werden.

Für die Untersuchung pulvert man größere Stücke des Gesteins, mengt das Pulver gut durcheinander und trocknet davon etwa 2 g bei 80° C. bis zu konstantem Gewicht.

Alsdann gibt man das ausgewogene Pulver in ein kleines Becherglas, füllt dasselbe bis zur Hälfte mit Wasser und setzt, unter gelinder Erwärmung, in größeren Zwischenräumen so lange kleine Mengen von Salzsäure hinzu, bis keine Kohlsäureentwicklung mehr stattfindet. Die Zersetzung ist als beendet zu betrachten, wenn die Lösung nach etwa halbstündigem Stehen noch schwach sauer reagiert. Ein größerer Überschuß von Säure, sowie starkes Erwärmen ist zu vermeiden, damit Ton und Eisenoxyd nicht in Lösung gehen¹⁾.

Der ungelöst gebliebene Rückstand, welcher aus Ton, Sand, abgeschiedener Kieselsäure und humusartigen Substanzen bestehen kann, wird mittels eines bei 100° getrockneten und gewogenen Filters abfiltriert und sein Gewicht nach dem Trocknen bestimmt. Die Untersuchung dieses Rückstandes ist nach c) auszuführen.

a) Untersuchung der salzsauren Lösung. Man versetzt dieselbe im Becherglase mit etwas Chlorammonium und alsdann mit Ammoniak in geringem Überschuß, deckt das Glas mit einem Uhrsälchen zu und läßt es bei mäßiger Wärme einige Zeit stehen. Der Niederschlag von Eisen bezw. Mangan wird abfiltriert und des weiteren nach b) untersucht.

Das Filtrat enthält nunmehr Kalk und Magnesia. Der Kalk wird mit Oxalsäure gefällt, das Filtrat eingedampft, der Rückstand mit möglichst wenig Wasser aufgenommen und die Magnesia mit phosphorsaurem Natron und Ammoniak gefällt.

b) Untersuchung des Niederschlages von a). Der Niederschlag wird gegläht, ausgewogen, alsdann in verdünnter Schwefelsäure gelöst und das Eisen nach Reduktion durch metallisches Zink mittels Kaliumpermanganatlösung titriert.

c) Untersuchung des in verdünnter Salzsäure unlöslichen Rückstandes. Der Rückstand, welcher neben Quarzsand insbesondere Ton und Eisenoxyd enthalten kann, wird im Kjeldahl-Kolben mit einer reichlichen Menge konzentrierter Schwefelsäure übergossen. Nach etwa 10 stündiger Einwirkung der Säure bei Zimmertemperatur wird auf dem Sandbad 5 Stunden lang gekocht, wobei darauf zu achten ist, daß die Säure sich beständig in starkem Sieden befindet. Man benutzt hierzu den in Fig. 209, S. 428 abgebildeten Apparat. Nach dem Erkalten wird der Inhalt des Kolbens in eine Platinschale gegeben und ein-

¹⁾ Spuren von Ton und Eisen, die trotzdem etwa von der Säure aufgelöst werden, kommen für die vorliegende Untersuchung nicht in Betracht.

gedampft. Im übrigen verfährt man zur Bestimmung des Tonerde-, Eisen- und Kieselsäuregehalts nach Abs. 532 S. 429, 3) und 4).

Handelt es sich nur um eine näherungsweise Untersuchung, so kann man sich die Arbeit dadurch erleichtern, daß man das Verhältnis von Sand und Ton in dem in verdünnter Salzsäure unlöslichen Rückstand durch Abschlämmen bestimmt.

d) Bestimmung des Kohlensäuregehalts. Man verwendet hierzu 2 g des gepulverten und gut getrockneten Gesteins und führt die Untersuchung mittels des Finkenerschen Kaliapparates in bekannter Weise aus.

e) Bestimmung des Gehalts an organischen Bestandteilen durch Feststellen der Kohlenstoffmenge. Nach Beendigung der Kohlensäurebestimmung wird der Kaliapparat wieder mit dem Chlorkalziumrohr verbunden und darauf c. 3 g reines Chromtrioxyd mit möglichst wenig Wasser durch das Trichterrohr in den Kolben gespült, hierauf c. 40 ccm konzentrierte Schwefelsäure vorsichtig hinzugegeben und die nunmehr wieder beginnende Kohlensäureentwicklung durch mäßiges Erwärmen unterstützt. Nach Beendigung der Gasentwicklung wird die Kohlensäure im Kaliapparat bestimmt und auf Kohlenstoff berechnet.

Ist der Gehalt an organischen Bestandteilen nur gering, so muß die Untersuchung an einer größeren Probe ausgeführt werden. Man zersetzt zu diesem Zweck 50—200 g des Gesteins mittels verdünnter Salzsäure, filtriert den Rückstand ab und prüft ihn in der vorbeschriebenen Weise auf seinen Kohlenstoffgehalt.

f) Bestimmung des Gehalts an Eisenkies. 20 bis 30 g des zu untersuchenden Kalksteins werden zunächst durch Salzsäure zersetzt; alsdann dampft man die Lösung nahezu vollständig ein und erhitzt hierauf den Rückstand mit konzentrierter Salpetersäure auf dem Sandbade längere Zeit behufs vollkommener Oxydation des Eisenkieses. Die mit Wasser verdünnte Lösung wird alsdann unter Zusatz von Salzsäure eingedampft, der Rückstand mit Wasser aufgenommen und die gebildete Schwefelsäure durch Chlorbaryum gefällt.

Um festzustellen, ob bereits im Bruchgestein eine Zersetzung des Eisenkieses stattgefunden hat, wird eine größere Probe des Materials (100 bis 300 g) gepulvert, mit Wasser ausgekocht und in dem Filtrat die etwa vorhandene Schwefelsäure in oben angegebener Weise bestimmt.

Kapitel 50.

Die systematische Ausführung der Prüfung.

647. Die Beschreibung des Gesteins hat folgende Eigenschaften zu berücksichtigen, so weit sich dieselben nach ihrer äußeren Erscheinungsweise, ev. mit Hilfe der Lupe feststellen lassen:

1. Farbe;
2. Färbungsmittel;

3. Allgemeine Struktur, ob kristallin, mesokristallin oder dicht, oolitisch, kieselig, sandig, tonig oder glaukonitisch und ob mehr oder weniger reich an Muschelresten;
4. Porositätsgrad, ob kompakt, fein- bis grobporig, zellig oder tuffartig;
5. Grad der etwaigen Schichtung bzw. Schieferung.

648. Für die eigentliche Prüfung kommt die Bestimmung folgender Gesteinseigenschaften in Betracht:

1. die Druck- bzw. Zugfestigkeit;
2. die Kornbindungsfestigkeit;
3. die Abnutzungshärte (bei Straßenbaumaterialien);
4. das Raumgewicht;
5. der Porositätsgrad und die Wasseraufnahme:
 - a) Absolute Porosität,
 - b) Relative Porosität,
 - c) Sättigungskoeffizient,
 - d) Verteilungskoeffizient, bei geschichteten Kalksteinen;
6. die Erweichbarkeit in Wasser;
7. die Mikrostruktur:
 - a) Korngröße,
 - b) Struktur der körnigen Bestandmasse,
 - c) Art der Kornbindung,
 - d) Kontinuitätsgrad der Flächenbindung,
 - e) Mineralogische Beschaffenheit des etwaigen Kontaktzements,
 - f) Schichtungstypus;
8. die Schichtung und Schieferung;
9. das Verhalten gegen Farblösungen, behufs Erkennung versteckter Schichtfugen, Risse und Druckspalten;
10. der Gehalt an Nebenbestandteilen;
11. die Frostbeständigkeit;
12. der Wetterbeständigkeitsgrad nach Maßgabe des Gesamtergebnisses der Prüfung¹⁾.

¹⁾ Handelt es sich nicht um eine Spezialuntersuchung des Gesteins auf seinen Wetterbeständigkeitsgrad, sondern nur um eine allgemeine Beurteilung der Gesteinsqualität, dann kann die Untersuchung in den meisten Fällen wesentlich vereinfacht werden.

Zeigt das Gestein ein durchweg kristallinisches Gefüge, so sind folgende Bestimmungen entbehrlich: die Kornbindungsfestigkeit, die Erweichbarkeit in Wasser, sowie das Verhalten gegen Farblösungen, falls Schichtfugen, Risse und Druckspalten ausgeschlossen erscheinen oder ohne weiteres erkennbar sind.

Erweist sich das Gestein als frostunbeständig, oder zeigt es bei unvollkommen kristallinischer bzw. pelitomorpher Beschaffenheit eine starke Wassererweichung, so kann dasselbe ohne weiteres als wetterunbeständig bezeichnet werden.

649. Anweisung zur Ausführung der einzelnen Prüfungen.

1. Die Druck- bzw. Zugfestigkeit gelangt nach Kap. 6 S. 53 u. f. zur Ausführung.
2. Die Kornbindungsfestigkeit wird aus der Zugfestigkeit und dem Porositätskoeffizienten nach Kap. 12 S. 181 u. f. berechnet.

Für näherungsweise Bestimmungen kann hierzu auch das Ergebnis der Druckfestigkeitsprüfung verwendet werden (s. Abb. 299 S. 192).

3. Die Abnutzungshärte, welche lediglich für Straßenbaumaterialien in Betracht kommt, wird nach Kap. 7 B S. 89 u. f. bestimmt.
4. Das Raumgewicht. Zur Feststellung desselben dienen die in Kap. 8 S. 107 u. f. angegebenen Methoden.
5. Der Porositätsgrad und die Wasseraufnahme. Die Bestimmung geschieht nach Abs. 200—207 S. 109 u. f.
6. Die Erweichbarkeit in Wasser wird durch den Quotienten: Druck- oder Zugfestigkeit des wassergelagerten Gesteins durch die Festigkeit des trockenen Gesteins nach Abs. 302 S. 193 bestimmt.
7. Die Mikrostruktur:

a) Kornausbildung. Die Haupttypen sind: makrokristalline (Durchm. über 0,7 mm), mesokristalline (Durchm. 0,25 bis 0,7 mm), mikrokristalline (Durchm. 0,01 bis 0,2 mm), kryptokristalline und pelitomorphe (Durchm. 0,003 bis 0,005 mm) Körnung (s. Abs. 616 S. 515). Die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen ermöglicht die Ausmessung der Körner (s. Abs. 277 S. 166), die Feststellung ihrer Gleichmäßigkeit oder Ungleichmäßigkeit und ihrer Homogenität bzw. der in ihnen vorkommenden fremden Einschlüsse (Ton, Eisenoxyd, Quarzsand, organische Substanzen).

Neben den kristallinen bis pelitomorphen körnigen Bestandteilen sind die etwaigen oolithischen und cumulitischen Bildungen, Glaukonitkörner, sowie die Einschlüsse von Konchylien usw. in Betracht zu ziehen (s. Abs. 617 bis 620 S. 516 u. f.).

b) Kornverwachsung. Dieselbe kann eine unmittelbare sein oder durch mikrokristalline, kryptokristalline bzw. pelitomorphe Zwischenmasse bewirkt werden. Bei unmittelbarer Bindung ist darauf zu achten, ob die Kontaktflächen der Körner gezahnt oder glatt sind. Über die mikroskopische Feststellung dieser Verhältnisse s. Abs. 613 bis 616 S. 513. Auch ist hierbei zu berücksichtigen, ob die Zwischenmasse rein

kalkig oder von fremden Bestandteilen (Ton, Eisenoxyd, Quarzsand, organischen Substanzen) durchsetzt ist.

c) Stetigkeit der Kornbindung. Die Kornbindung kann entweder vollkommen kompakt oder mehr oder weniger locker sein. Die leeren Zwischenräume erscheinen im polarisierten Licht, bei gekreuzten Nikols, in jeder Stellung des Objektes gleichmäßig dunkel. Zur sicheren Bestimmung der Bindungsart ist, namentlich bei mikrokristallinen Gesteinen, eine starke Vergrößerung (300—600fach) erforderlich (s. auch Abs. 610 S. 511).

d) Intensität der Kornbindung. Neben der Qualität und Stetigkeit der Kornbindung, wie solche durch die mikroskopische Untersuchung festzustellen ist, kann auch die Kornbindungsintensität für die Beurteilung der Kalksteine von Bedeutung sein. Dieselbe wird durch die Zugfestigkeit nach Abs. 123 S. 66 bestimmt, unter Reduktion der erhaltenen Werte auf die Bindungselemente der Zerreißungsfläche, wie dies des näheren in Abs. 296 S. 189 ausgeführt worden ist. Geht die Zerreißungsfläche durch die körnigen Bestandteile hindurch, so darf dies als Beweis gelten, daß die Festigkeit der Bindung gleich der der körnigen Bestandteile ist und somit dem Maximalwerte entspricht. Für sehr unregelmäßig struierte Gesteine (poröse Konchylienkalke usw.), bei denen die Zugfestigkeitsprüfung keine zuverlässigen Werte der Kornbindung zu liefern vermag, werden lediglich die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung für die Qualitätsbestimmung zu berücksichtigen sein.

9. Künstliche Gesteinsfärbung. Ausführung s. Kap. 11 S. 172 u. f., Beurteilung des Ergebnisses Abs. 644 S. 540 u. f.

10. Gehalt an Nebenbestandteilen. Von den in den Kalksteinen auftretenden Nebenbestandteilen sind für die Qualitätsbestimmung namentlich zu berücksichtigen: ein größerer Gehalt an Ton, Eisenoxyd bzw. Eisenhydroxyd, an bituminösen Substanzen, kohligen Beimengungen und Eisenkies bzw. Markasit. Die qualitative Bestimmung erfolgt durch die chemische Analyse nach Abs. 631 bis 635 S. 531 u. f., während die strukturelle Form der Einlagerung durch die mikroskopische Untersuchung festzustellen ist.

11. Die Frostbeständigkeit.

- a) Theoretische Frostprüfung durch Bestimmung des Sättigungskoeffizienten nach Abs. 327 S. 220;
- b) Experimentelle Frostprüfung durch Bestimmung der Festigkeitsverminderung, welche das wassergetränkte Gestein nach wiederholter Frostwirkung erleidet, s. S. 227 u. f.

12. Der Wetterbeständigkeitsgrad des Gesteins wird zufolge des Ergebnisses der vorgedachten Untersuchungen nach Maßgabe der in Kap. 51 enthaltenen Bewertungsschematen bestimmt (s. S. 571 u. f.).

Kapitel 51.

Bewertung der Prüfungsergebnisse.

A. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.

650. Im Nachfolgenden sind die wichtigsten Typen der Kalksteinstruktur nach mikrophotographischen Aufnahmen reproduziert, ihre besonderen Verhältnisse, unter Hinzufügung der in Kap. 46 Abs. 612 bis 627 S. 512 u. f. gegebenen Signaturen erläutert, und die Qualitätsbestimmung der einzelnen Typen nach den Bewertungsschematen S. 571 u. f. durchgeführt worden. Die in Klammern beigefügten Ziffern beziehen sich auf das betreffende Gestein in der tabellarischen Zusammenstellung der Prüfungsergebnisse, Teil XX.

Zur Erzielung eines möglichst umfangreichen Bildes sind die Photogramme nur mit schwacher Vergrößerung aufgenommen worden. Die Kornbindungsverhältnisse, deren Bestimmung eine 500—800fache Vergrößerung erfordert, sind deshalb in den Abbildungen nur für sehr grobkörnige Marmorarten erkennbar.

In den Erläuterungen ist zwischen der Qualitätsklasse Q des Gesteins und der Qualitätsklasse Q_1 seines Strukturtypus unterschieden worden. Die Qualitätsziffer zu Q_1 gibt lediglich die Bewertung der strukturellen Ausbildung des Gesteins an, ohne Rücksicht auf andere Eigenschaften, welche dessen Wetterfestigkeit ev. beeinflussen können, wie dies namentlich für die Porositätsverhältnisse und deren Bedeutung für die Frostbeständigkeit des Gesteins gilt.

Auch hier ist besonders hervorzuheben, daß die angegebenen Qualitätsklassen sich lediglich auf das untersuchte Probematerial, nicht aber auf das gesamte örtliche Vorkommen des betreffenden Gesteins beziehen, das innerhalb der einzelnen Brüche von mehr oder weniger ungleichmäßiger Beschaffenheit sein kann.

Q_1 = Strukturbewertung; Q = Qualitätsklasse des Gesteins.

Fig. 270. Marmor von Carrara.

Vergr. 24 ×.

Aufn. im pol. Licht.

Makrokristallin: A, mit glatten Kontaktflächen der Kalkspatkörner: z_2 ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 ; ziemlich gleichmäßige Körnung: g_2 .

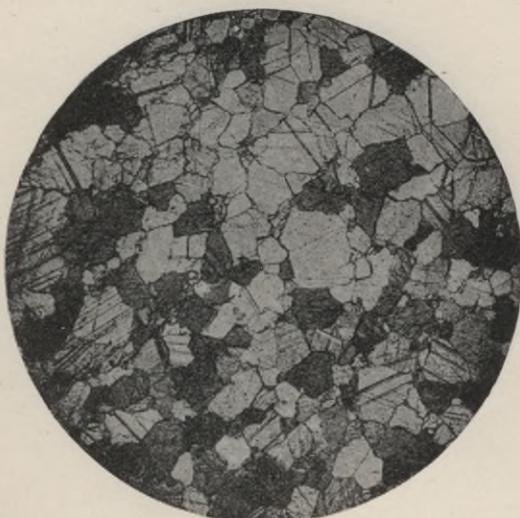


Fig. 270.

Typ. $A_{z_2} \frac{b_1}{\beta_1} g_2$ [p]. — $Q_1: 1,75$.

Fig. 271 (Nr. 221).

Marmor von Laas.

Vergr. 10 ×.

Aufn. im pol. Licht.

Makrokristallin: A, mit gezahnten bis glatten Kontaktflächen der Kalkspatkörner: z_{1-2} ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 ; ziemlich gleichmäßige, stellenweise ziemlich ungleichmäßige Körnung: g_{2-3} .



Fig. 271.

Typ. $A_{z_{1-2}} \frac{b_1}{\beta_1} g_{2-3}$ [p]. — $Q_1: 1,7$.

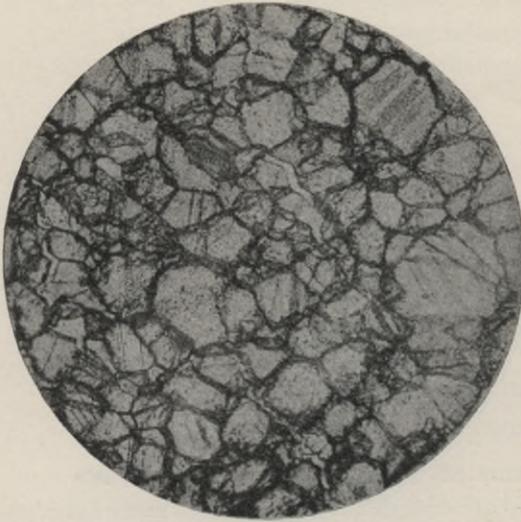


Fig. 272.
Verwitterungstypus.

Fig. 272.

Marmor von Carrara (?)

Altes Material vom Sockel des Denkmals des Großen Kurfürsten zu Berlin (Alter 192 J., renoviert 1895). Vergr. 32 ×. Aufn. im pol. Licht. Kornbindung gelockert. Kornoberfläche erodiert und mit ockerigen Ausscheidungen überindet.

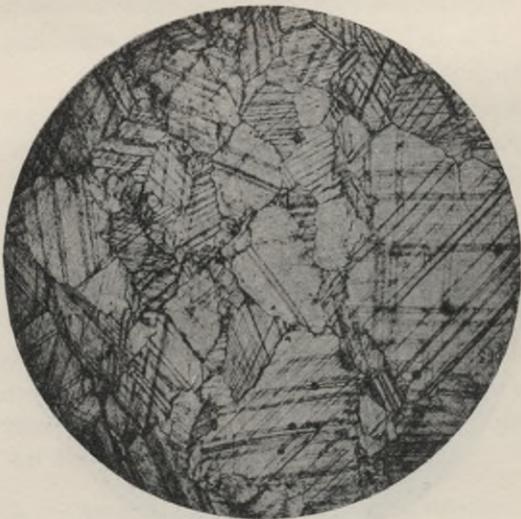


Fig. 273.

Fig. 273 (Nr. 218).

Marmor von Kunzendorf (Schlesien).

Vergr. 13 ×. Aufn. im pol. Licht.

Makrokristallin: A, mit glatten Kontaktflächen der Kalkspatkörner: z_2 . Die Körner teils unmittelbar verwachsen, teils durch mikrokristalline, kalkspatige Zwischenmasse verbunden: b_{1-2} ; ziemlich kompakte Kornbindung: β_2 ; ziemlich ungleichmäßige Körnung: g_3 .

Typ. $A_{z_2} \frac{b_{1-2}}{\beta_2} g_3$ [p]. — $Q_1: 2,5$. $Q: II-III$.

Fig. 274.**Marmor von Seitenberg
(Schlesien).**

Vergr. 13 ×.

Aufn. im pol. Licht.

Makrokristallin: A, ohne scharfe Kornumgrenzung (kataklastische Struktur): z_3 ; Kornverwachsung durch mikrokristalline, körnige, kalkspatige bis kryptokristalline Zwischenmasse: b_{2-3} ; ziemlich lockere Kornbindung: β_3 ; sehr ungleichmäßige Körnung: g_4 .



Fig. 274.

Typ. $A_{z_3} \frac{b_{2-3}}{\beta_3} g_4$ [p]. — Q_1 : 3,9. Q: III—IV.

Fig. 275 (Nr. 222).**Kalkstein von Schönecken
bei Prüm (Trier).**

Vergr. 32 ×.

Aufn. im pol. Licht.

Mesokristalline Körnung mit untergeordneten, unregelmäßig verteilten, mikrokristallinen Partien: B_{1-2} ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 ; ziemlich ungleichmäßige Körnung: g_3 .

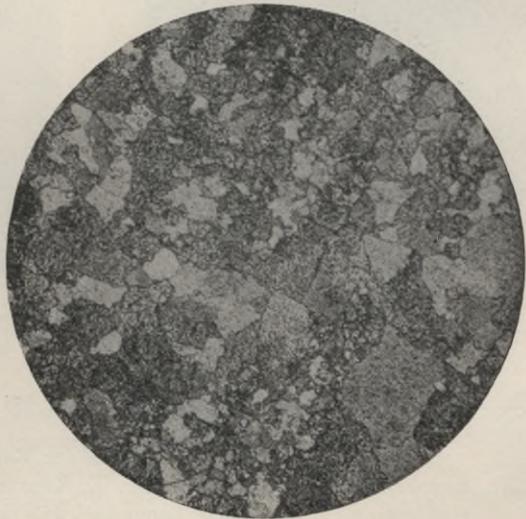


Fig. 275.

Typ. $B_{1-2} \frac{b_1}{\beta_1} g_3$ [p]. — Q_1 : 0,85. Q: IC—I.

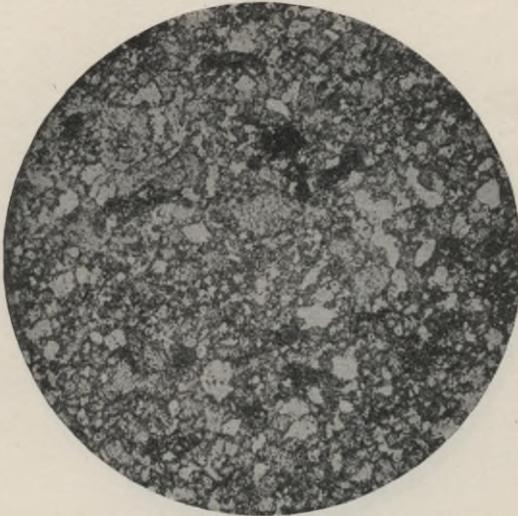


Fig. 276 (Nr. 253).
Kalkstein von Pallien
(Trier).

Vergr. 49 ×.
Aufn. im pol. Licht.

Mesokristalline Körnung mit untergeordneten, unregelmäßig verteilten, mikrokristallinen Partien: B_{1-2} ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 ; ziemlich gleichmäßige Körnung: g_2 (Schliff von der Verwitterungsrinde).

Fig. 276.

Typ. $B_{1-2} \frac{b_1}{\beta_1} g_2 \pi$. — $Q_1: 0,7$. $Q: IA$.

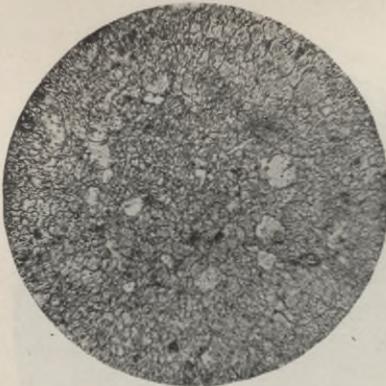


Fig. 277.



Fig. 278.

Fig. 277 (Nr. 240). Kalkstein vom Rainberg bei Ellrich. Vergr. 93 ×. Aufn. im pol. Licht.

Scharf begrenzte, mikrokristalline Körnung mit ziemlich reichlicher mesokristalliner Korneinlagerung: C_2 ; Kornverwachsung teils durch kristallographisch nicht orientierte, homogene, teils durch mikrokristalline Zwischenmasse: b_{1-2} ; ziemlich lockere Kornbindung: β_3 ; ziemlich gleichmäßige Körnung: g_2 .

Typ. $C_2 \frac{b_{1-2}}{\beta_3} g_2 [p]$. — $Q_1: 1,7$. $Q: I-II: II$.

Fig. 278. Belgischer schwarzer Marmor. Vergr. 12 ×. Aufn. im pol. Licht.

Lockere, mesokristalline Körnung mit kohlig durchwachsender Zwischenmasse: B_8 ; Kornverwachsung durch mikrokristalline bis kryptokristalline Zwischenmasse: b_{2-3} ; ziemlich lockere Kornbindung: β_3 .

$$\text{Typ. } B_8 \frac{b_{2-3}}{\beta_3} [p]. \quad - \quad Q_1: 3.$$

Fig. 279 (Nr. 273). Kalkstein von Westerburg (Hannover). Vergr. 135 ×. Aufn. im pol. Licht.

Scharf begrenzte, mikrokristalline Körnung mit ziemlich reichlicher mesokristalliner Korneinlagerung: C_2 ; unmittelbare Kornverwachsung, teils durch kristallographisch nicht orientierte, homogene Zwischenmasse: b_{1-2} ; vollkommen kompakte bis ziemlich kompakte Kornbindung: β_{1-2} .

$$\text{Typ. } C_2 \frac{b_{1-2}}{\beta_{1-2}} [p]. \quad - \quad Q_1: 0,94. \quad Q: I.$$



Fig. 279.

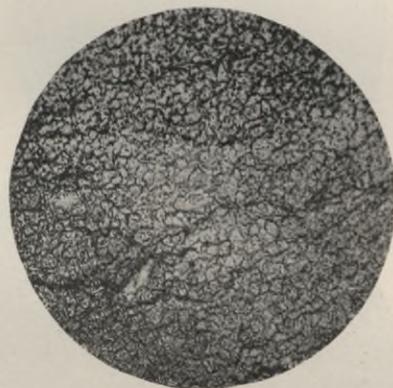


Fig. 280.

Fig. 280 (Nr. 267). Kalkstein von Hellenberg bei Dorste. Vergr. 176 ×. Aufn. im pol. Licht.

Scharf begrenzte, mikrokristalline Körnung mit ziemlich reichlicher mesokristalliner Korneinlagerung; untergeordnete lockere mikrokristalline Körnung mit toniger Porenausfüllung: C_{2-3} ; Kornverwachsung durch kristallographisch nicht orientierte, homogene Zwischenmasse: b_2 ; ziemlich kompakte Kornbindung: β_2 .

$$\text{Typ. } C_{2-3} \frac{b_2}{\beta_2} p_1. \quad - \quad Q_1: 1,8. \quad Q: I-II.$$

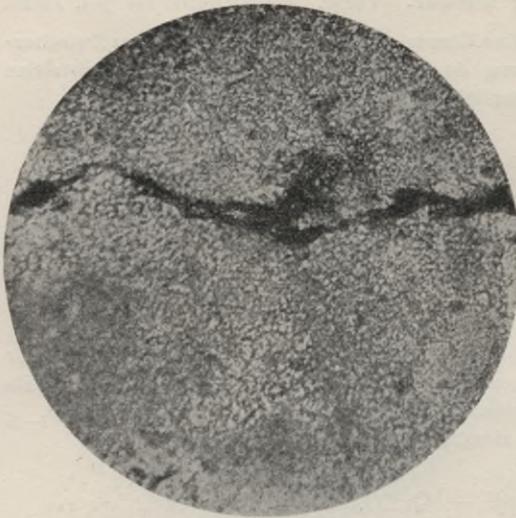


Fig. 281.

Fig. 281 (Nr. 230).
Kalkstein von Raeren
(Kr. Eupen, Rheinprov.).

Vergr. 196 \times .
Aufn. im pol. Licht.

Vorherrschend sehr lockere, mikrokristalline Körnung mit toniger Porenausfüllung neben sehr reichlicher kryptokristalliner Körnung: $\frac{C_3}{D_1}$; Kornverwachsung teils durch kristallographisch nicht orientierte, homogene Zwischenmasse, teils durch mikrokristalline Zwischenmasse: b_{2-3} ; ziemlich lockere Kornbindung: β_4 .

Typ. $\frac{C_3}{D_1} \frac{b_{2-3}}{\beta_4} p_1$. — Q_1 : 3,1. Q: III—IV.

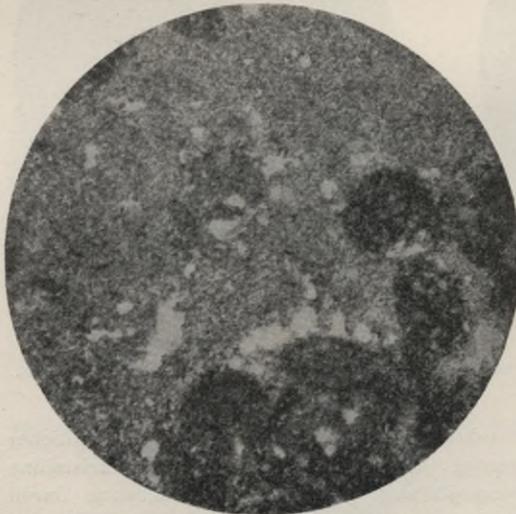


Fig. 282.

Fig. 282 (Nr. 241).
Kalkstein vom Pontels-
berg bei Elbrich (Erfurt).

Vergr. 45 \times .
Aufn. im pol. Licht.

Vorherrschend kryptokristallin, sehr beträchtlich pelitomorph: $\frac{D_1}{D_2}$; Kornverwachsung durch mikrokristalline bis kryptokristalline Zwischenmasse: b_{2-3} ; lockere Kornbindung: β_4 ; Porositätscharakter: p_2 ; p_5 .

Typ. $\frac{D_1}{D_2} \frac{b_{2-3}}{\beta_4} p_2; p_5$. — Q_1 : 4,2. Q: IV—V.

Fig. 283 (Nr. 225). Kalkstein von Beckum (Münster). Vergr. 20 ×. Aufn. im pol. Licht.

Mikro-Oolithe (Entoolithe)¹⁾ mit starker Schale, scharf begrenzt, zum größten Teil sich gegenseitig berührend; spärliche Zwischenmasse: mikrokristallin: E_1 ; Kornverwachsung durch kristallographisch nicht orientierte, homogene Zwischenmasse: b_2 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 .

$$\text{Typ. } E_1 \frac{b_2}{\beta_1}. \quad - \quad Q_1: 1,0. \quad Q: \text{I, z. T. IC—I.}$$

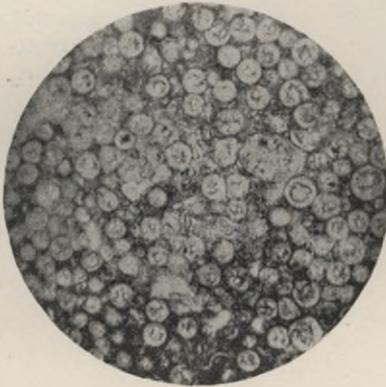


Fig. 283.



Fig. 284.

Fig. 284. Kalkstein vom Eggegebirge bei Altenbeken (Westfalen). Vergr. 176 ×. Aufn. im pol. Licht.

Mikro-Oolithe (Entoolithe) mit starker Schale, scharf begrenzt, zum größten Teil sich gegenseitig berührend. Spärliche Zwischenmasse: kryptokristallin: E_2 ; unmittelbare Kornverwachsung, z. T. auch durch kristallographisch nicht orientierte, homogene Zwischenmasse: b_{1-2} ; ziemlich lockere Kornbindung: β_3 .

$$\text{Typ. } E_2 \frac{b_{1-2}}{\beta_3}. \quad - \quad Q_1: 2,2. \quad Q: \text{II: II—III.}$$

¹⁾ Als „Entoolithe“ bezeichnet man solche oolithischen Körner, deren Schale einen Hohlraum oder ein mikrokristallinisches Aggregat umschließt.

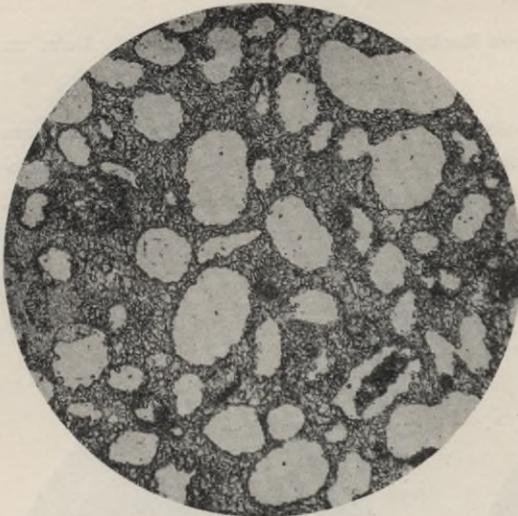


Fig. 285.

Typ. $G_1 \frac{b_1}{\beta_1} \pi_3 1 c_3$. — $Q_1: 0,66$. Q: IB—C.

Fig. 285 (Nr. 260).
Schaumkalk von Klein-
Wenden (Kr. Nordhausen).

Vergr. 45 ×.
Aufn. im pol. Licht.

Grundmasse durchweg scharf mikrokristallin ausgebildet: G_1 ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 ; reichliche Schaumporen: π_3 ; sehr spärliche mikro- bis kryptokristalline Kumulite: 1 c_3 .



Fig. 286.

Typ. C— $H_1 \frac{b_1}{\beta_1}$. — $Q_1: 0,6$. Q: IB—C.

Fig. 286.
Muschelkalk
von Randersacker
(Unterfranken).

Vergr. 17 ×.
Aufn. im pol. Licht.

Vorherrschend mikrokristallin, mit untergeordneten Muschelresten: C— H_1 ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 .

Fig. 287.

Muschelkalk von Lindelbach
(Unterfranken).

Vergr. 17 ×.

Aufn. im pol. Licht.

Sehr scharf meso- bis mikrokristallin, aber stellenweise stark schaumporig und von Tubuliten mit mikrokristalliner Ausfüllung durchwachsen: B_2C_2 ; unmittelbare Kornbindung: b_1 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 .



Fig. 287.

Typ. $B_2C_2 \frac{b_1}{\beta_1} p_1$. — $Q_1: 0,65$. Q: IB—C.

Fig. 288.

Schaumkalk von Freyburg a. U.

Vergr. 30 ×.

Aufn. im pol. Licht.

Sehr scharf mikrokristallin, stark schaumporig und von Tubuliten mit mikrokristalliner Ausfüllung durchwachsen: B_2C_2 ; unmittelbare Kornbindung: β_1 ; auch die Porenwände mit Kalkspatkristallen überrindet.



Fig. 288.

Typ. $B_2C_2 \frac{b_1}{\beta_1} p_1$. — $Q_1: 0,65$. Q: IB—C.

Fig. 289.

Muschelkalk vom
Hainberg bei Göttingen.

Vergr. 32 ×.

Aufn. im pol. Licht.

Die reichlichen Muschelreste sind durch eine mikrokristalline Zwischenmasse verbunden: $H_{1-2}-C_2$; unmittlere und vollkommen kompakte Kornbindung: $b_1\beta_1$.



Fig. 289.

Typ. $H_{1-2} C_2 \frac{b_1}{\beta_1}$. — $Q_1: 0,45$.

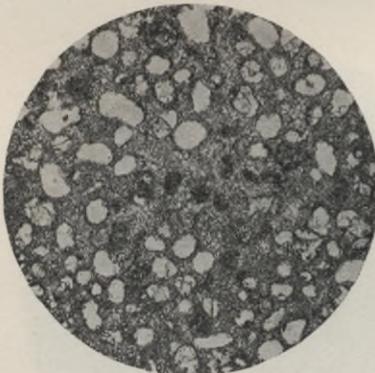


Fig. 290.

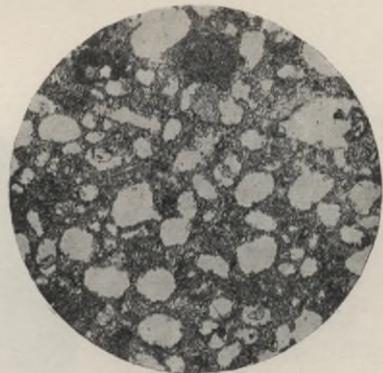


Fig. 291.

Fig. 290 (Nr. 279). Schaumkalk von Rüdersdorf. Vergr. 31 ×. Aufn. im pol. Licht.

Grundmasse teils scharf mikrokristallin, teils kryptokristallin ausgebildet: G_2 ; Kornverwachsung durch kristallographisch nicht orientierte, homogene Zwischenmasse: b_2 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 ; sehr reichliche Schaumporen: π_4 ; sehr spärliche, vorherrschend kryptokristalline Kumulite: $1c_4$.

Typ. $G_2 \frac{b_2}{\beta_1} \pi_4 1c_4$. — $Q_1: 2,1$.

Fig. 291 (Nr. 280). Schaumkalk von Rüdersdorf. Vergr. 31 ×.

Grundmasse teils scharf mikrokristallin, teils kryptokristallin ausgebildet: G_2 ; Kornverwachsung durch mikrokristalline Zwischenmasse: b_3 ; ziemlich kompakte Kornbindung: β_2 ; sehr reichliche Schaumporen: π_4 ; sehr spärliche, vorherrschend kryptokristalline Kumulite: $1c_4$.

$$\text{Typ. } G_2 \frac{b_3}{\beta_2} \pi_4 1 c_4. \quad - \quad Q_1: 2,5.$$

Fig. 292 (Nr. 239). Kalkstein vom Kammerforstberg bei Ellrich (Nordhausen). Vergr. 41 ×.

Grundmasse durchweg scharf mikrokristallin ausgebildet: G_1 ; Kornverwachsung durch kristallographisch nicht orientierte, homogene Zwischenmasse: b_2 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 ; ziemlich reichliche Schaumporen: π_2 ; sehr reichliche mikrokristalline bis kryptokristalline Kumulite: $4c_{2-3}$.

$$\text{Typ. } G_2 \frac{b_2}{\beta_1} \pi_2 4 c_{2-3}. \quad - \quad Q_1: 1,2. \quad Q: I: I-II.$$

Fig. 293 (Nr. 292). Schaumkalk vom Elmgebirge (Kr. Helmstedt). Vergr. 39 ×.

Teils scharf mikrokristallin, teils kryptokristallin ausgebildete Grundmasse: G_2 ; unmittelbare Kornverwachsung, z. T. durch mikrokristalline Zwischenmasse: b_{1-3} ; ziemlich kompakte Kornbindung: β_2 ; reichliche Schaumporen: π_3 ; spärliche, mikro- bis kryptokristalline Kumulite: $2c_3$.

$$\text{Typ. } G_2 \frac{b_{1-3}}{\beta_2} \pi_3 2 c_3. \quad - \quad Q_1: 2,5. \quad Q: II-III.$$

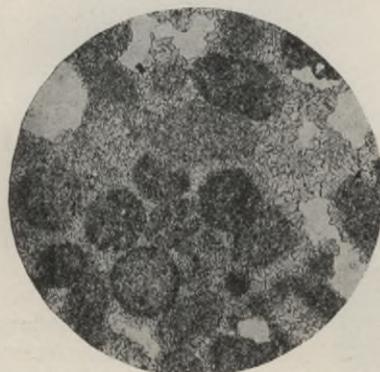


Fig. 292.

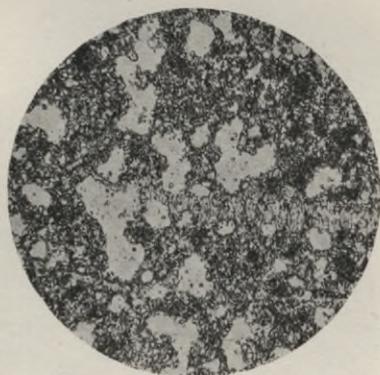


Fig. 293.

Fig. 294 (Nr. 281). Schaumkalk von Rüdersdorf. Vergr. 31 ×.

Grundmasse vorherrschend kryptokristallin, z. T. jedoch auch kryptokristallin und pelitomorph ausgebildet: G_{3-4} ; Kornverwachsung durch kryptokristalline bis pelitomorphe Zwischenmasse: b_{3-4} ; ziemlich lockere Kornbindung: β_3 ; reichliche Schaumporen: π_3 ; reichliche, vorherrschend pelitomorphe Kumulite: $3c_3$; spärliche, mit grobkristallinem Kalkspat gefüllte Tubulite: $1t_1$.

$$\text{Typ. } G_{3-4} \frac{b_{3-4}}{\beta_3} \pi_3 3 c_3 1 t_1. \quad - \quad Q_1: 3,8.$$

Fig. 295 (Nr. 262). Schaumkalk von Hüpstedt und Birkungen (Prov. Sachsen).
Vergr. 11 ×.

Grundmasse durchweg scharf mikrokristallin ausgebildet: G_1 ; un-
mittelbare Kornverwachsung: b_1 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 ;
ziemlich reichliche Schaumporen: π_2 ; ziemlich reichliche, mit grobkristal-
linem Kalkspat gefüllte Tubulite: $2t_1$; ziemlich reichliche, von Kalkspat-
masse durchdrungene Kumulite, die im polarisierten Lichte einheitlich
auslöschen: $2c_1$

$$\text{Typ. } G_1 \frac{b_1}{\beta_1} \pi_2 2t_1 2c_1. \quad - \quad Q_1: 1,2. \quad Q: \text{I—II.}$$

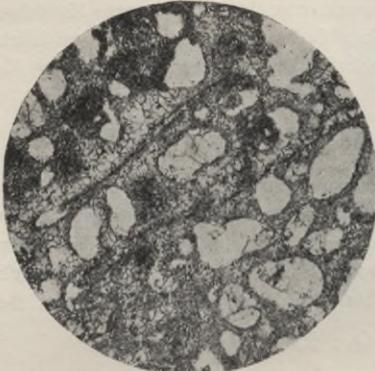


Fig. 294.



Fig. 295.

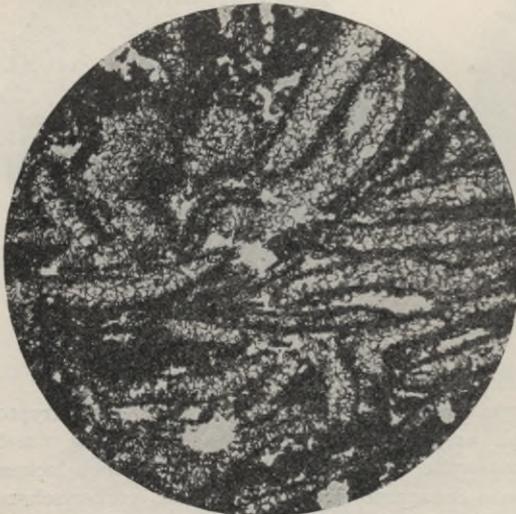


Fig. 296.

$$\text{Typ. } H_1 \frac{b_1}{\beta_{1-2}}. \quad - \quad Q_1: 0,55.$$

Fig. 296.

**Muschelkalk von
Krensheim
(Unterfranken).**

Vergr. 17 ×.

Die Kalkspatausfüllung
der Muschelschalen ist me-
sokristallin struiert: H_1 ; die
Zwischenmasse im allge-
meinen von scharf mikro-
kristalliner Ausbildung: b ;
mit fester bis ziemlich
kompakter Kornbindung:
 β_{1-2} .

Fig. 297 (Nr. 258). Kalkstein aus der Umgegend von Bielefeld. Vergr. 9 ×. Aufn. im pol. Licht.

Zum großen Teil aus Resten von Konchylienschalen zusammengesetzt, welche durch eine Zwischenmasse mit scharf begrenzter mikrokristalliner Körnung und ziemlich reichlicher, mesokristalliner Korneinlagerung verbunden sind: H_1-C_2 ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 .

$$\text{Typ. } H_1-C_2 \frac{b_1}{\beta_1}. \quad - \quad Q_1: 1,0. \quad Q: I?$$

Fig. 298 (Nr. 299). Kalkstein von Altenbeken (Kr. Paderborn). Vergr. 10 ×. Aufn. im pol. Licht.

Zum großen Teil aus Resten von Konchylienschalen, sowie von Tubuliten, die mit mikrokristallinem Kalkspat gefüllt sind, zusammengesetzt, verbunden durch eine Zwischenmasse, die lockere, mikrokristalline Körnung mit z. T. toniger Porenausfüllung zeigt: Ht_2-C_{3-4} ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; lockere Kornbindung: β_4 .

$$\text{Typ. } Ht_2-C_{3-4} \frac{b_1}{\beta_4}. \quad - \quad Q_1: 2,0. \quad Q: V \text{ (Frostwirkung).}$$



Fig. 297.



Fig. 298.

Fig. 299 (Nr. 298). Kalkstein von Altenbeken (Kr. Paderborn). Vergr. 10 ×. Aufn. im pol. Licht.

Zum großen Teil aus Resten von Konchylien-, Serpuliten- u. dergl. Schalen, sowie aus Tubuliten, die mit mikrokristallinem Kalkspat gefüllt sind, zusammengesetzt, welche Bestandteile durch eine Zwischenmasse verbunden werden, die lockere, mikrokristalline Körnung mit toniger Porenausfüllung zeigt: Ht_2-C_3 ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; ziemlich lockere Kornbindung: β_3 .

$$\text{Typ. } Ht_2-C_3 \frac{b_1}{\beta_3}. \quad - \quad Q_1: 2,1. \quad Q: V \text{ (Frostwirkung).}$$

Fig. 300 (Nr. 287). Kalkstein von Lauenberg (Kr. Einbeck). Vergr. 10 ×. Aufn. im pol. Licht.

Zum großen Teil aus Resten von Konchylien-, Serpuliten- u. dergl. Schalen, sowie aus Tubuliten, die mit mikrokristallinem Kalkspat gefüllt sind, zusammengesetzt, verbunden durch eine Zwischenmasse, die unscharf begrenzte mikrokristalline Körnung mit ziemlich reichlicher mesokristalliner Korneinlagerung zeigt: H_2-C_5 ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; lockere Kornbindung: β_4 .

$$\text{Typ. } H_2-C_5 \frac{b_1}{\beta_4}. \quad - \quad Q_1: 2,7. \quad Q: V \text{ (Frostwirkung).}$$

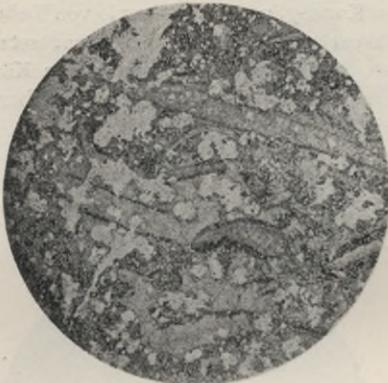


Fig. 299.



Fig. 300.

Fig. 301 (Nr. 236). Kalkstein von Ecaussinnes (Belgien). Vergr. 39 ×. Aufn. im pol. Licht.

Zum großen Teil aus Resten von Konchylien-, Serpuliten- u. dergl. Schalen zusammengesetzt, verbunden durch eine Zwischenmasse, die lockere, mikrokristalline Körnung mit toniger Porenausfüllung zeigt: H_1-C_3 ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; ziemlich kompakte Kornbindung: β_2 .

$$\text{Typ. } H_1-C_3 \frac{b_1}{\beta_2}. \quad - \quad Q_1: 1,6. \quad Q: I-II.$$

Fig. 302 (Nr. 254). Kalkstein vom Hainberge bei Göttingen. Vergr. 39 ×. Aufn. im pol. Licht.

Zum großen Teil aus Resten von Konchylienschalen zusammengesetzt, welche durch eine Zwischenmasse mit scharf begrenzter, mikrokristalliner Körnung verbunden sind: $H_{1-2}-C_2$; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 . Deutliche Schichtung.

$$\text{Typ. } H_{1-2}-C_2 \frac{b_1}{\beta_1}. \quad - \quad Q_1: 0,6. \quad Q: IB.$$

Fig. 303 (Nr. 265). Kalkstein von Emmerke am Osterberge (Hildesheim).
Vergr. 10 ×. Aufn. im pol. Licht.

Zum großen Teil aus Resten von Konchylienschalen zusammengesetzt, welche durch eine Zwischenmasse verbunden sind, die mikro-



Fig. 301.

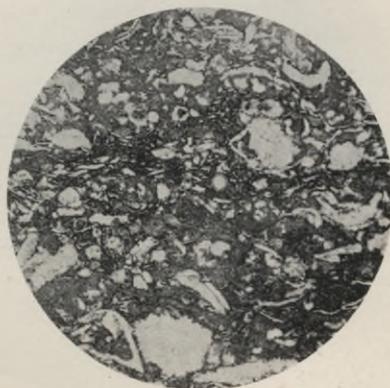


Fig. 302.

krystalline Körnung zeigt, mit ziemlich reichlicher mesokristalliner Korn-einlagerung und toniger Porenausfüllung: H_1-C_{2-3} ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; ziemlich lockere Kornbindung: β_3 .

Typ. $H_1-C_{2-3} \frac{b_1}{\beta_3}$. — $Q_1: 2,0$. Q: II, z. T. III.

Fig. 304 (Nr. 265). Detail von Fig. 303. Vergr. 100 ×. Aufn. im pol. Licht.
Vergrößerung des kugelförmigen Kumuliten mit Kalkspatummrandung
Struktur: mikrokristallin, z. T. pelitomorph.

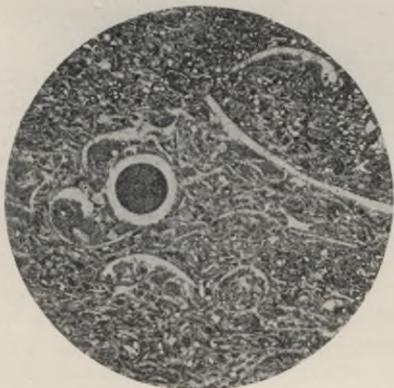


Fig. 303.

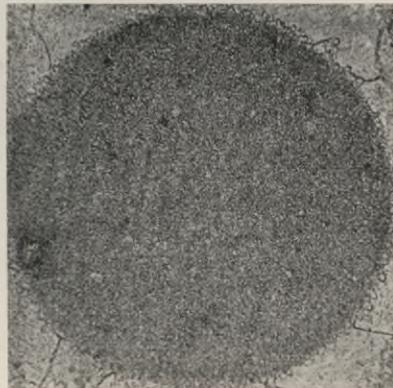


Fig. 304.

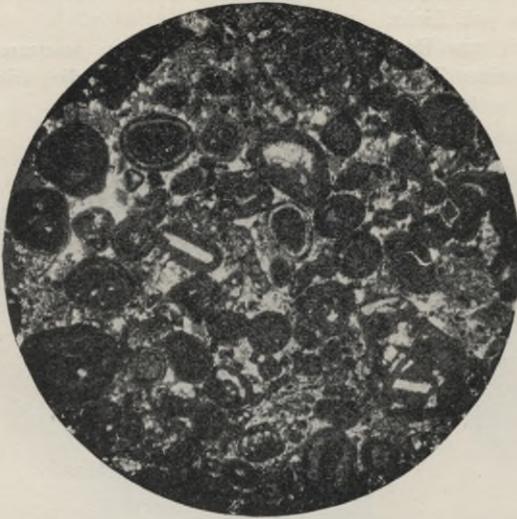


Fig. 305.

**Muschelkalk von
Königsblutter.**

Vergr. 35 ×.
Aufn. im pol. Licht.

Durchweg scharf mikro-
kristallin: C_1 ; fast gänzlich
porenfrei: b_1 ; Kornbindung
etwas locker: β_3 .

Fig. 305.

Typ. $C_1 \frac{b_1}{\beta_3}$. — $Q_1: 0,95$.



Fig. 306.

**Muschelkalk
von Diemarden.**

Vergr. 30 ×.
Aufn. im pol. Licht.

Ungleichförmig ooli-
thisch, mit mikrokrystal-
liner Zwischenmasse: $E_1 C_1$;
letztere zeigt unmittelbare
Kornverwachsung: b_1 und
ziemlich kompakte Korn-
bindung: β_2 .

Fig. 306.

Typ. $E_1 C_1 \frac{b_1}{\beta_2}$. — $Q_1: 0,95$.

Fig. 307.

Jurakalkstein von
Jaumont.

Vergr. 30 ×.

Aufn. im pol. Licht.

Das Gestein ist stark oolithisch: E_1 ; die Oolithe sind mit Ocker überrindet. Sowohl die Zwischensubstanz als auch die Ausfüllung der Oolithe ist scharf kristallinisch: b_1 ; bei kompakter Kornbindung, soweit letztere nicht durch die ockerige Überrindung unterbrochen wird: β_2 . Parallelstruktur durch Anordnung der größeren Muschelreste ausgebildet.



Fig. 307.

$$\text{Typ. } E_1 \frac{b_1}{\beta_2}. \quad - \quad Q_1: 0,85.$$



Fig. 308.



Fig. 309.

Fig. 308 (Nr. 244). Rogenstein vom Schlößchenkopf bei Sangerhausen. Vergr. 23 ×. Aufn. im pol. Licht.

Zackig umgrenzte Oolithe, z. T. mit der Grundmasse undeutlich verwachsen; letztere zeigt im polarisierten Licht überall Spuren von zentrisch-strahliger Anordnung, im übrigen scharf begrenzte mikrokristalline Körnung mit ziemlich reichlicher mesokristalliner Korneinlagerung: F_5-C_{2-3} ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; kompakte Kornbindung: β_1 .

$$\text{Typ. } F_5-C_{2-3} \frac{b_1}{\beta_1}. \quad - \quad Q_1: 0,96. \quad Q: \text{IC—I.}$$

Fig. 309 (Nr. 243). Rogenstein von Beesenlaublingen (Saalkreis). Vergr. 10 ×. Aufn. im pol. Licht.

Kugelförmige Oolithe mit deutlichem „Auslöschungskreuz“ und vollkommen schaliger Struktur liegen in einer Grundmasse von scharf begrenzter, mikrokristalliner Körnung mit ziemlich reichlicher mesokristalliner Korneinlagerung: F_1-C_2 ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; vollkommen kompakte Kornbindung: β_1 .

$$\text{Typ. } F_1-C_2 \frac{b_1}{\beta_1}. \quad - \quad Q_1: 0,87. \quad Q: \text{IB—I.}$$



Fig. 310 a.

Detail von Fig. 309.

Vergr. 25 ×. Aufn. im pol. Licht.

Kugelförmiger Oolith mit undeutlichem „Auslöschungskreuz“, schwach-schaliger Struktur und Aggregatpolarisation: Typ. F_2 .

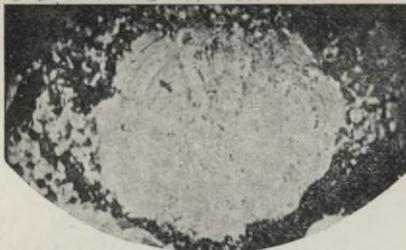


Fig. 310 b.

Detail von Fig. 311.

Vergr. 25 ×. Aufn. im pol. Licht.

Oolithe im Querschnitt rosettenartig ausgebuchtet, z. T. nur in zerstückelten Formenresten vorhanden.

Fig. 310.

Fig. 311 (Nr. 245). Rogenstein von Beesenlaublingen (Saalkreis). Vergr. 10 ×. Aufn. im pol. Licht.

Im Querschnitt rosettenartig ausgebuchtete Oolithe mit entsprechend parallelschaliger Struktur und undeutlichem „Auslöschungskreuz“ in einer Grundmasse von lockerer, mikrokristalliner Körnung: F_3-C_3 ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; ziemlich lockere Kornbindung: β_3 .

$$\text{Typ. } F_3-C_3 \frac{b_1}{\beta_3}. \quad - \quad Q_1: 1,8. \quad Q: \text{I—II: II.}$$

Fig. 312 (Nr. 247). Rogenstein von Bernburg. Vergr. 41 ×. Aufn. im pol. Licht.

Zackig umgrenzte Oolithe, z. T. mit der Grundmasse undeutlich verwachsen. Letztere zeigt im polarisierten Licht überall Spuren von zentrisch-strahliger Anordnung und im übrigen scharf begrenzte mikro-

kristalline Körnung mit ziemlich reichlicher mesokristalliner Korneinlagerung: F_5-C_2 ; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; ziemlich kompakte Kornbindung: β_2 .

$$\text{Typ. } F_5-C_2 \frac{b_1}{\beta_2}. \quad - \quad Q_1: 2,6. \quad Q: \text{II-III.}$$



Fig. 311.

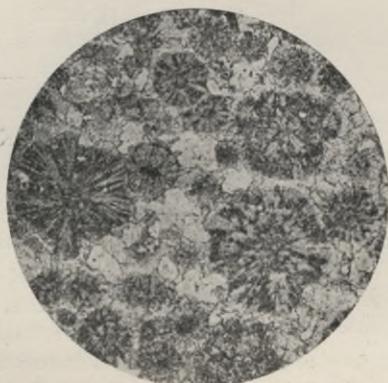


Fig. 312.

Fig. 313 (Nr. 303). Kalktuff von Laer (Kr. Melle, Hannover). Vergr. $10 \times$.
Aufn. im pol. Licht.

Kompakte Textur mit mehr oder weniger reichlichen Strukturporen und kavernen Hohlräumen. Vorherrschend scharf begrenzte mikro-

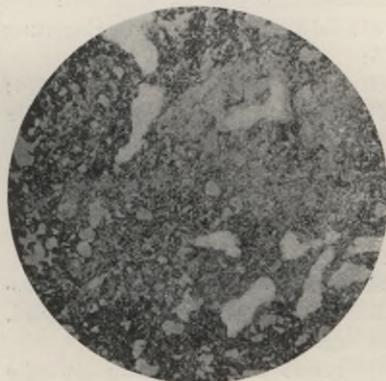


Fig. 313.

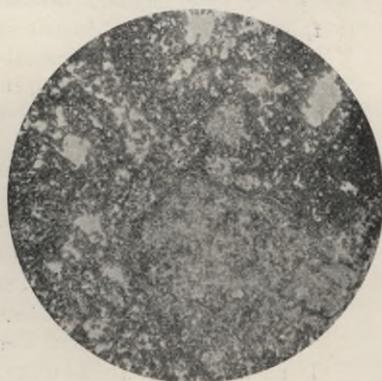


Fig. 314.

kristalline Körnung, untergeordnet kryptokristallin, mit ziemlich reichlicher mesokristalliner Korneinlagerung: $Q_1 - \frac{C_2}{(D_1)}$; unmittelbare Kornverwachsung: b_1 ; kompakte Kornbindung: β_1 .

$$\text{Typ. } Q_1 - \frac{C_2 b_1}{(D_1) \beta_1}. \quad - \quad Q_1: 0,8. \quad Q: \text{IC.}$$

Fig. 314 (Nr. 304). Kalktuff von Roßdorf (Darmstadt). Vergr. 10 ×. Aufn. im pol. Licht.

Ziemlich lockere Textur, mit mehr oder weniger reichlichen Strukturporen und kavernösen Hohlräumen. Kryptokristalline bis pelitomorphe Kornverwachsung: b_{3-4} ; ziemlich lockere Kornbindung: β_3 .

$$\text{Typ. } Q_2 - D_4 \frac{b_{3-4}}{\beta_3}. \quad Q_1: 3,2. \quad Q: \text{III.}$$

651. Für die Prüfung der Kalksteine kommt in erster Linie die Texturausbildung der körnigen Zusammensetzungsmasse, sowie die Besonderheit der Kornbindung in Betracht, und es sind diese Eigenschaften nach folgenden Schematen ziffermäßig zu bewerten:

- a) bei makrokristallinen Kalksteinen Typ. A, unter spezieller Berücksichtigung ihrer Kornbindung, der Ausbildung der Kontaktflächen, dem Stetigkeitsgrad der Bindung, der Gleichmäßigkeit der Körnung und den allgemeinen Porositätsverhältnissen, nach Schema 1, S. 571.
- b) bei mesokristallinen Kalksteinen Typ. B desgl. nach Schema 2, S. 572;
- c) bei mikrokristallinen Kalksteinen Typ. C desgl. nach Schema 3, S. 573;
- d) bei kryptokristallinen Kalksteinen Typ. D₁ desgl. nach Schema 4, S. 574;
- e) bei pelitomorphen Kalksteinen Typ. D₂ desgl. nach Schema 5, S. 574.
Die hiernach bestimmten Qualitätsziffern sind zu ergänzen:
- f) gemäß der Kornbindungsfestigkeit bei 3—30 tägiger Wasserlagerung nach der 1. Ergänzungstabelle S. 575;
- g) bei etwaigem Bitumengehalt nach der 2. Ergänzungstabelle S. 576;
- h) bei einem Gehalt an Eisenbisulfid nach der 3. Ergänzungstabelle S. 576;

Eine besondere Beurteilung erfahren überdies:

- i) die Kieselkalksteine, Sandkalksteine und Glaukonitkalksteine nach der 4. Ergänzungstabelle S. 577;
ferner ist zu berücksichtigen:
- k) der Frostbeständigkeitsgrad, welcher zunächst nach dem Sättigungs- und Erweichungskoeffizienten gemäß Schema 6 S. 579 bestimmt wird.
Die gefundenen Werte sind zu ergänzen:
- l) nach der Kornbindungsfestigkeit gemäß der 1. Ergänzungstabelle zu Schema 6, S. 580;
- m) nach dem Verteilungskoeffizienten gemäß der 1. Ergänzungstabelle zu Schema 6, S. 580.

Der Einfluß des nach k), l) und m) festgestellten Frostbeständigkeitsgrades (bezw. der des Frostbeständigkeitskoeffizienten $\frac{\zeta_{fw}}{\zeta_{fw}}$) auf die nach Schema 1 bis 5 und Ergänzungstabelle gefundene Qualitätsziffer wird gemäß Schema 6 und Ergänzungstabellen S. 579 u. f. bestimmt.

652. Ist die Struktur des Kalksteins keine einheitliche, sondern treten mehrere Strukturtypen nebeneinander auf, so werden die Bewertungsziffern der einzelnen Typen für sich bestimmt und alsdann die dem Mengenverhältnis derselben entsprechende Quote beider Wertziffern addiert.

Beispiel: Das Gestein enthalte in unregelmäßiger Verteilung mikrokristalline und pelitomorphe Kalksubstanz, und zwar schätzungsweise in dem Mengenverhältnis 3 : 1. Die Bewertungsziffer für die mikrokristalline Substanz sei 2,0, für die pelitomorphe 4,06, so ergibt sich die Gesamtbewertung

$$\frac{3 \cdot 2 + 1 \cdot 4,06}{4} = 2,51.$$

Enthält das Gestein flasrige, netzartige oder schalige Durchwachsungen von ungünstigerer Beschaffenheit als die Hauptmasse und zwar in solcher Reichhaltigkeit, daß bei Verwitterung dieser Einlagerungen der Zusammenhang des Gesteins aufgehoben würde, so ist die Qualität des letzteren lediglich nach der Beschaffenheit jener Einlagerungen zu bestimmen.

Für Kalksteine, welche im wesentlichen aus Oolithkörnern, Muschelresten usw. bestehen, ist die Qualität der verbindenden Kalksubstanz (Zwischenmasse) für die Bewertung des Gesamtgesteins maßgebend.

653. Anmerkung: In den Bewertungs-Schematen ist der Beständigkeitsgrad der Kalksteine bei ihrer Verwendung zu Meeresbauten nicht berücksichtigt worden, da die Chloride und das Magnesiumsulfat des Meerwassers eine so stark auflösende bzw. zersetzende Wirkung auf das Kalziumkarbonat ausüben, daß selbst die besten Kalksteine sich bei einer derartigen Verwendung als unbeständig erweisen.

Auch für den Tongehalt in den Kalksteinen wurde eine besondere Ergänzungstabelle nicht aufgestellt, weil die Wirkung, welche dieser Nebenbestandteil auf die Wetterbeständigkeit des Gesteins ausübt, je nach der strukturellen Ausbildung der Beimengung, überaus verschieden ist. Sind z. B. die Tonpartikel den Kalkspatkörnern in nicht sehr beträchtlicher Menge eingelagert, so ist ihr schädlicher Einfluß nur gering, während derselbe prozentuale Gehalt an Ton die Qualität des Gesteins außerordentlich vermindern kann, wenn die tonige Substanz zwischen den Körnern eingelagert ist und somit ihre unmittelbare Verwachsung verhindert bzw. beeinträchtigt. Die hierbei in Betracht kommenden Verhältnisse finden ihren Ausdruck in dem Grade der Erweichbarkeit des Gesteins in Wasser, und es erlangt deshalb der Erweichungskoeffizient für die Beurteilung der Kalksteine eine hervorragende Bedeutung.

Schemata zur Klassifikation der Kalksteine.
Schema 1
 für makrokristallin-körnige Kalksteine (Marmor).
 Typ. A.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|---------|-----------|------------|
| Art der Kornbindung | Kontaktflächen der Körner | | Körner Abgrenzung | Steitigkeitsgrad der Kornbindung | | | Gleichmäßigkeitsgrad der Körnung | | | Porosität | | | | | |
| | gezähnt | glatt | | vollkommen kompakt | ziemlich kompakt | ziemlich locker | sehr locker | gleichkörnig | ziemlich gleichkörnig | ziemlich un- gleichkörnig | sehr un- gleichkörnig | kleinkörnige Zwischen- lagerungen | kompakt | teufporig | kleinporig |
| | z_1 | z_2 | z_3 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | ξ_1 | ξ_2 | ξ_3 | ξ_4 | ξ_5 | $[p]$ | P_1 | P_2 |
| | Qualitätsziffern: 1) Körnung 0,75–5 mm I–I, 5 I, 2–I, 7 I, 5–II I, 3–I, 8 I, 5–II I, 8–II, 3 I, 8–II, 3 II–II, 5 II, 3–II, 8 III–III, 5 II, 3–III, 8 III, 7–IV, 2 IV, 5–V IV, 9–V, 4 V, 5–VI | | | | | | | | | | | | | | |
| b_1 Unmittelbar | 0 | +0,5 | +0,7 | +0,9 | 0 | +0,05 | +0,1 | +0,2 | 0 | +0,5 | 0 | +0,5 | 0 | +0,5 | +0,6 |
| b_2 Mikrokristalline Zwischenmasse | 0 | +0,4 | +0,6 | +0,8 | 0 | 0 | +0,05 | +0,1 | 0 | +0,4 | 0 | +0,45 | 0 | +0,45 | +0,55 |
| b_3 Kryptokristalline Zwischenmasse | 0 | +0,3 | +0,5 | +0,7 | 0 | 0 | 0 | +0,05 | +0,3 | 0 | +0,4 | 0 | +0,4 | 0 | +0,5 |
| b_4 Pelitomorpe Zwischenmasse | 0 | +0,2 | +0,4 | +0,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +0,2 | 0 | +0,35 | +0,45 |
| b_5 Tonige oder ockerige Zwischenmasse | 0 | +0,1 | +0,3 | +0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +0,1 | 0 | +0,3 | +0,4 |

Nach Maßgabe der Korngröße, Kornbindungsart und Form der Kontaktflächen ist die Qualitätsziffer in den Kol. 2 bis 4 aufzusuchen, und dem gefundenen Wert sind die Ergänzungsziffern der Kol. 5 bis 16, je nach dem Steitigkeitsgrad der Kornbindung, dem Gleichmäßigkeitsgrad der Körnung und der Porosität hinzuzufügen.

Beispiel: Ein Marmor von unmittelbarer Kornbindung (b_1) und 5 mm Korngröße zeige glatte Kontaktflächen (z_2), eine ziemlich kompakte Kornbindung (β_2), eine sehr ungleiche Körnung (ξ_4) und eine feinporige Beschaffenheit (P_1), so berechnet sich hiernach die Qualität zu: $1,5 + 0,5 + 0,2 + 0,5 = II, 7$. In analoger Weise erfolgt die Bestimmung der Qualitätsziffern nach den Schematen 2 bis 5.

¹⁾ Die Qualitätsziffer steigt innerhalb der angegebenen Grenzen proportional der Korngröße.

Schema 2
für mesokristallin-körnige Kalksteine (z. T. Marmor).*) Typ. B¹⁻¹¹.

| 1. | 2. | | 3. | | 4. | | 5. Stetigkeitsgrad der Kornbindung | | | | 6. Gleichmäßigkeitsgrad der Körnung | | | | 7. Porosität | | | | | | |
|---------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------|------------------|----------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------|---------------------|----------------------------|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------------|----------------|
| | gezahnt | glatt | z ₁ | z ₂ | ohne scharfe Abgrenzung | z ₃ | z ₄ | vollkommen kompakt | ziemlich kompakt | lockert | sehr locker | ziemlich gleichkörnig | gleichkörnig | ziemlich ungleichkörnig | sehr ungleichkörnig | kleinkörnige Zwischenmasse | kleinporig | Feinporig | kleinporig | grobporig bzw. zellig | klein-kavernös |
| Art der Kornbindung | | | | | | | | P ₁ | F ₂ | F ₃ | F ₄ | G ₁ | G ₂ | G ₃ | G ₄ | G ₅ | P ₁ | P ₂ | P ₃ ; P ₄ | P ₅ | P ₆ |
| b ₁ Unmittelbar | IC-I, 2 (0,75-1,2) | I-I, 4 | I, 4-I, 8 | | | | 0 | +0,4 | +0,6 | +0,8 | 0 | +0,05 | +0,1 | +0,2 | +0,5 | 0 | +0,4 | +0,5 | +0,6 | +0,7 | +0,8 |
| b ₂ Mikrokristalline Zwischenmasse | I, 1-I, 5 | I, 3-I, 7 | I, 7-II, 1 | | | | 0 | +0,3 | +0,5 | +0,7 | 0 | 0 | -0,05 | +0,1 | +0,4 | 0 | +0,35 | +0,45 | +0,55 | +0,65 | +0,75 |
| b ₃ Kryptokristalline Zwischenmasse | I, 6-II | I, 8-II, 2 | II, 2-II, 6 | | | | 0 | +0,2 | +0,4 | +0,6 | 0 | 0 | -0,05 | +0,3 | 0 | +0,3 | +0,4 | +0,5 | +0,6 | +0,7 | |
| b ₄ Pelitomorphe Zwischenmasse | II, 8-III, 2 | III, 1-III, 5 | III, 6-IV | | | | 0 | +0,1 | +0,3 | +0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +0,2 | +0,3 | +0,4 | +0,5 | +0,6 |
| b ₅ Tonigeod. ockerige Zwischenmasse | IV, 3-IV, 7 | IV, 7-V, 1 | V, 4-V, 8 | | | | 0 | +0,05 | +0,2 | +0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +0,25 | +0,35 | +0,45 | +0,55 | +0,65 |

*) Siehe die Anm. auf S. 573. ¹⁾ Die Qualitätsziffer steigt innerhalb der angegebenen Grenzen proportional der Korngröße.

Schema 3

für mikrokristalline Kalksteine. *)

Typ. C₁-5.

| I. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. |
|------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|----------------|----------------|---------------------------------|----------------|----------------|
| Art der Kornbindung | Qualitätsziffer | Stetigkeit der Kornbindung | | Stetigkeit der Kornbindung | | Gleichmäßigkeit der Körnung | | Gleichmäßigkeit der Körnung | | kompakt | feinporig | kleinporig | grobporig bezw. zellig | klein-kavernös | grob-kavernös |
| | | vollkommen kompakt P ₁ | ziemlich kompakt P ₂ | ziemlich locker P ₃ | sehr locker P ₄ | gleichkörnig G ₁ | ziemlich gleichkörnig G ₂ | ziemlich ungleichkörnig G ₃ | sehr ungleichkörnig G ₄ | [P] | P ₁ | P ₂ | P ₃ ; P ₄ | P ₅ | P ₆ |
| | | Ergänzungsziffern: | | Ergänzungsziffern: | | Ergänzungsziffern: | | Ergänzungsziffern: | | Ergänzungsziffern: | | | | | |
| b ₁ Unmittelbar. | IA = 0,25 | 0 | +0,6 | +0,7 | +0,9 | 0 | +0,05 | +0,1 | +0,2 | 0 | +0,15 | +0,25 | +0,35 | +0,45 | +0,55 |
| b ₂ Kristalline Zwischenmasse . | I | 0 | +0,5 | +0,75 | +0,95 | 0 | 0 | +0,05 | +0,15 | 0 | +0,2 | +0,3 | +0,4 | +0,5 | +0,6 |
| b ₃ Kryptokrist. Zwischenmasse . | I, 5 | 0 | +0,55 | +0,8 | +1,0 | 0 | 0 | 0 | +0,1 | 0 | +0,25 | +0,35 | +0,45 | +0,55 | +0,65 |
| b ₄ Pelitomorphe Zwischenmasse | III | 0 | +0,6 | +0,9 | +1,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +0,3 | +0,4 | +0,5 | +0,6 | +0,7 |
| b ₅ Tonige od. ockerige Zwischenmasse | IV | 0 | +0,7 | +1,0 | +1,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +0,35 | +0,45 | +0,55 | +0,65 | +0,75 |

*) Anmerkung: Zeigt das Gestein faserige, netzartige oder schalige Durchwachungen von ungünstiger Beschaffenheit als die Hauptmasse, und zwar in solcher Reichhaltigkeit, daß bei Verwitterung dieser Einlagerungen der Zusammenhang des Gesteins aufgehoben würde, so ist die Qualität des letzteren lediglich nach der Beschaffenheit jener Einlagerungen zu bestimmen.

657.

Schema 4

für kryptokristalline Kalksteine.*)

Typ. D₁.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
|--------------------|----------------------------|------------------|-----------------|-------------|------------------------------|
| Qualitätsziffer | Stetigkeit der Kornbindung | | | | Porosität |
| | vollkommen kompakt | ziemlich kompakt | ziemlich locker | sehr locker | feinporig bis grobkavernös |
| | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | $P_1 - P_6$ |
| Ergänzungsziffern: | | | | | |
| b_3 : II | 0 | + 0,5 | + 1,0 | + 1,5 | Nach Schema 3 Kol. 12—16: |
| b_4 : II, 8 | 0 | + 0,7 | + 1,5 | + 2,3 | + 0,25 bis + 0,7 |

658.

Schema 5

für pelitomorphe Kalksteine.*)

Typ. D₂.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
|--------------------|----------------------------|------------------|-----------------|-------------|------------------------------|
| Qualitätsziffer | Stetigkeit der Kornbindung | | | | Porosität |
| | vollkommen kompakt | ziemlich kompakt | ziemlich locker | sehr locker | feinporig bis grobkavernös |
| | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | $P_1 - P_6$ |
| Ergänzungsziffern: | | | | | |
| b_4 : III | 0 | + 0,7 | + 1,5 | + 2,3 | Nach Schema 3 Kol. 12—16: |
| b_5 : IV | 0 | + 1,0 | + 1,8 | + 2,6 | + 0,3 bis + 0,75 |

*) Zeigt das Gestein flasrige, netzartige oder schalige Durchwachungen von ungünstiger Beschaffenheit als die Hauptmasse, so gilt auch hier die in der Anmerkung S. 573 gegebene Regel für die Bestimmung der Gesteinsqualität.

659. 1. Ergänzungstabelle für Schema 1 bis 5 zur Bewertung der Kornbindungsfestigkeit (reduzierte Zugfestigkeit).

ζ_{rw_1} nach 3 tägiger Wasserlagerung des Gesteins

ζ_{rw_2} " 10 " " " "

ζ_{rw_3} " 30 " " " "

| ζ_{rw_1} | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 |
|----------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ζ_{rw_2} | 95 | 85 | 75 | 65 | 55 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 |
| ζ_{rw_3} | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 |

| Qualitätsziffern nach Schema 1—5 | Ergänzungs- und Reduktionsziffern: | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 |
| 0,25 | 0 | 0 | +0,2 | +0,35 | +0,5 | +0,6 | — | — | — | — | — | — |
| 0,5 | -0,1 | 0 | 0 | +0,2 | +0,35 | +0,5 | +0,65 | — | — | — | — | — |
| 0,75 | -0,2 | -0,1 | 0 | 0 | +0,2 | +0,35 | +0,5 | +0,65 | — | — | — | — |
| 1 | -0,5 | -0,35 | -0,2 | 0 | 0 | +0,2 | +0,35 | +0,5 | +0,75 | — | — | — |
| 1,5 | — | -0,6 | -0,45 | -0,25 | 0 | 0 | +0,2 | +0,35 | +0,5 | +0,85 | — | — |
| 2 | — | — | -0,7 | -0,55 | -0,35 | 0 | 0 | +0,25 | +0,4 | +0,7 | +0,95 | — |
| 2,5 | — | — | — | -0,9 | -0,65 | -0,45 | 0 | 0 | +0,3 | +0,55 | +0,75 | +1,1 |
| 3 | — | — | — | — | -1,1 | -0,75 | -0,55 | 0 | 0 | +0,35 | +0,65 | +0,9 |
| 4 | — | — | — | — | — | -1,3 | -0,95 | -0,70 | 0 | 0 | +0,5 | +0,7 |
| 5 | — | — | — | — | — | — | -1,6 | -1,15 | -0,85 | -0,5 | 0 | 0 |
| 6 | — | — | — | — | — | — | — | -2,1 | -1,45 | -1,15 | -0,7 | 0 |

Die nebenstehenden Ergänzungsziffern sind nach Maßgabe der Kornbindungsfestigkeit $\zeta_{rw_{1-3}}$ zu den nach Schema 1—5 gefundenen Wertziffern zu addieren resp. von denselben abzuziehen.

**660. 2. Ergänzungstabelle für Schema 1 bis 5
zur Bewertung des Bitumengehaltes der Kalksteine.**

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Kohlenstoffgehalt des bituminösen Bestandteils: | | | | | | | | | |
| a) bei gleichmäßiger Verteilung i. d. Kalkspatkörnern u. i. d. Zwischenmasse; | | | | | | | | | |
| b) bei vorwaltender Einlagerung i. d. Zwischenmasse. | | | | | | | | | |
| 0,25 % | 0,5 % | 0,75 % | 1,0 % | 1,5 % | 2,0 % | 2,5 % | 3,0 % | 3,5 % | 4,0 % |
| Reduktionsfaktoren: | | | | | | | | | |
| Zu a) × 1,02 | × 1,05 | × 1,08 | × 1,11 | × 1,17 | × 1,23 | × 1,29 | × 1,35 | × 1,41 | × 1,47 |
| Zu b) „ 1,1 | „ 1,2 | „ 1,3 | „ 1,4 | „ 1,6 | „ 1,8 | „ 2,0 | „ 2,2 | „ 2,4 | „ 2,6 |
| Die nach Schema 1–5 und Ergänzungstabelle 1 bestimmte Qualitätsziffer ist entsprechend dem %-Gehalt an Kohlenstoff in dem bituminösen Bestandteil mit dem zugehörigen Reduktionsfaktor zu multiplizieren. | | | | | | | | | |

**661. 3. Ergänzungstabelle für Schema 1 bis 5
zur Bewertung des Gehalts an Eisenbisulfid.**

| | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|-------|--------|----------------------|--------|--------|-------|-------|
| Schwefelgehalt im beigemengten Eisenbisulfid | | | | | | | | | |
| Bei gleichmäßiger Verteilung als Färbungsmittel: | | | | | Körnig eingesprengt: | | | | |
| 0,1 % | 0,2 % | 0,3 % | 0,4 % | 0,5 % | 0,75 % | 1,0 % | 1,25 % | 1,5 % | 2,0 % |
| a) Für nicht erheblich silifizierete Kalksteine: | | | | | | | | | |
| Reduktionsfaktoren: | | | | | | | | | |
| × 1,05 | × 1,1 | × 1,3 | × 1,5 | × 1,05 | × 1,07 | × 1,1 | × 1,2 | × 1,3 | × 1,4 |
| Entwicklung von Schwefelwasserstoff bei Behandlung mit konz. Salzsäure: | | | | | | | | | |
| a) In Spuren: × 1,1 b) Ziemlich reichlich: × 1,3 c) Sehr reichlich: × 1,6. | | | | | | | | | |
| b) Für Kieselkalksteine: | | | | | | | | | |
| Reduktionsfaktoren: | | | | | | | | | |
| Silifizierungsgrad: (Erg.-Tab. 4. S. 578.) | | | | | | | | | |
| Schwach | + 1,05 | + 1,1 | + 1,3 | 0 | + 1,05 | + 1,07 | + 1,1 | + 1,2 | + 1,3 |
| Ziemlich stark | 0 | 1,05 | 1,2 | 0 | 1,02 | 1,05 | 1,07 | 1,1 | 1,2 |
| Stark | 0 | 0 | 1,1 | 0 | 0 | 1,03 | 1,05 | 1,07 | 1,1 |
| Sehr stark | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,03 | 1,05 | 1,07 |
| Die nach Schema 1 bis 5 und Ergänzungstabelle 1 und 2 bestimmte Qualitätsziffer ist entsprechend dem %-Gehalt an Schwefel bzw. der Entwicklung von H ₂ S bei Behandlung mit konz. HCl mit dem zugehörigen Reduktionsfaktor zu multiplizieren. | | | | | | | | | |

662. 4. Ergänzungstabelle für Schema 1—5

zur Bewertung besonderer Ausbildungsformen der Kalksteine.

Die nach Schema 1 bis 5 und Ergänzungstabelle 1—3 gefundenen Qualitätsziffern bleiben für folgende Kalksteinvarietäten, bis auf die etwaige Ergänzung durch den Frostbeständigkeitsgrad (nach Schema 6 usw.), unverändert:

1. kristallinisch-körnige Kalksteine Typ. A und B;
2. dichte Kalksteine Typ. C, D₁ und D₂;
3. mikro-oolithische Kalksteine Typ. E₁₋₄;

Für Schaumkalke (Typ. G₁₋₄) ist die Menge der Schaumporen π_1 — π_4 den Porositätstypen p₂₋₆ gleich zu setzen und gemäß Schema 3 bis 5 zu bewerten. Die Ausmessung von π geschieht nach dem S. 166 angegebenen Verfahren. Das Resultat wird in Raum-% des Gesteins ausgedrückt, und es bedeutet:

$\pi_1 = c. 10 \text{ R.}\%$; Bewertung entspr. p₂. $\pi_3 = c. 25\text{—}35 \text{ R.}\%$; Bewertung entspr. p₆.
 $\pi_2 = c. 20 \text{ „}$; „ „ „ p_{3; 4}; $\pi_4 = c. 40\text{—}45 \text{ „}$; „ „ „ p₆.

Hohle Tubulite sind wie die Schaumporen auszumessen und gleich diesen zu bewerten. Gefüllte Tubulite werden, je nach der Struktur der Ausfüllung, als entsprechende Bestandmassen des Gesteins bei dessen Bewertung in Rechnung gestellt. Das Gleiche gilt für die Kumulite.

Für Kalktuffe (Typ. Q₁₋₃) ist dasselbe Verfahren wie für Schaumkalke anzuwenden. Es werden die Hohlräume ausgemessen und der betreffende Porositätsgrad nach Schema 3 bis 5 bewertet.

Bei Konchylienkalcken hat man zwischen Gesteinen mit kompakter und zelliger bezw. kavernöser Struktur zu unterscheiden. Ist das Gestein vollkommen kompakt, so bleibt für die Qualitätsbestimmung lediglich die Struktur der Zwischenmasse neben dem Frostbeständigkeitsgrad maßgebend. Für zellige oder kavernöse Gesteine ist überdies noch das Raummaß der Hohlräume in der oben angegebenen Weise in Betracht zu ziehen.

Betreffs der Rogensteine Typ. F₁₋₆ ist zu bemerken, daß solche mit rosettenartig ausgebuchteten, zerklüfteten Oolithkörnern als minderwertig zu betrachten sind. Da mit dieser Erscheinung aber stets auch eine Auflockerung der kalkigen Zwischenmasse verbunden ist, so darf die Qualitätsbestimmung der letzteren für das Gesamtgestein als maßgebend betrachtet werden.

Die Tonschieferkalksteine (Flaser- und Kramenzelkalke) Typ. J₁₋₃ erfordern eine Reduktion der Qualitätsziffer in dem Maße, als die tonschiefrige Zwischenmasse mehr oder weniger stark silifiziert ist. Ein Bewertungsschema läßt sich hierfür jedoch, im Hinblick auf die mannigfache Strukturausbildung, nicht wohl aufstellen.

Für Eisenkalksteine Typ. L₁₋₃ ist die Einlagerung von Eisenoxyd bezw. Eisenhydroxyd in gleicher Weise wie die von pelitomorpher Kalksubstanz zu bewerten.

Hinsichtlich der übrigen Kalksteinvarietäten gelten die in der folgenden Tabelle aufgeführten Reduktions- bezw. Ergänzungsziffern:

| Kalksteinvarietäten (s. S. 513 u. f.) | | Qualitätsziffern nach Schema 1—5 und Ergänzungstabelle 1—3: | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | | IA | IB | IC | I | I—II | II | II—III | III | IV | V | VI |
| Kiesalkalkstein Typ. J ₁₋₃ | | Reduktions- und Ergänzungsziffern: | | | | | | | | | | |
| a) schwach silifiziert ¹⁾ . . . | 0 | -0,05 | -0,1 | -0,15 | -0,2 | -0,3 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -1,0 | -1,2 | |
| b) ziemlich stark silifiziert . . . | 0 | -0,1 | -0,15 | -0,2 | -0,3 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -1,0 | -1,2 | -1,9 | |
| c) stark silifiziert | 0 | -0,15 | -0,2 | -0,3 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -1,0 | -1,2 | -1,9 | -2,5 | |
| d) sehr stark silifiziert | 0 | -0,2 | -0,3 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -1,0 | -1,2 | -1,9 | -2,5 | -3,2 | |
| Sandkalkstein Typ. N ₁₋₂ mit reichlichem (20—30%) bis sehr reichlichem (35—40%) Sandgehalt | | 0 bis +0,1 | 0 bis +0,2 | 0 bis +0,3 | +0,1 bis +0,4 | +0,2 bis +0,5 | +0,3 bis +0,6 | +0,4 bis +0,7 | +0,5 bis +0,8 | +0,7 bis +1,0 | +0,9 bis +1,2 | +1,1 bis +1,4 |
| Glaukonitkalkstein Typ. M ₁₋₃ mit spärlichem bis reichlichem mehr oder weniger zersetzten Glaukonitkörnern | | 0 bis +0,25 | 0 bis +0,35 | 0 bis +0,45 | +0,05 bis +0,55 | +0,1 bis +0,65 | +0,2 bis +0,75 | +0,3 bis +0,85 | +0,4 bis +0,95 | +0,6 bis +1,15 | — | — |

¹⁾ Da der Silifizierungsgrad der Kalksteine, falls dieselben Beimengungen von Quarzsand enthalten, auf chemischem Wege schwierig festzustellen ist, so empfiehlt es sich, hierbei die Härteprüfung Abs. 146—149 S. 83 u. f. als indirekte Methode zu verwenden. Man bestimmt zunächst das Minimalgewicht g, mit welchem die Sklerometerspitze zu belasten ist, um auf einer Schliifffläche von Solenhofener lithographischem Schiefer einen mit der Lupe erkennbaren Strich zu erzeugen. Der Silifizierungsgrad der Kalksteine wird alsdann nach Maßgabe der Härte wie folgt bestimmt:

Härte 2 g: schwach silifiziert.
 " 3 g: ziemlich stark silifiziert.
 " 4 g: stark silifiziert.
 " 5 g: sehr stark silifiziert.

664. 1. Ergänzungstabelle für Schema 6 zur Bewertung der Kornbindungsfestigkeit bei Bestimmung des Frostbeständigkeitsgrades.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----------------------------------------------------|---------------|---------------|----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $\zeta_r w_1$ | $\zeta_r w_2$ | $\zeta_r w_3$ | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 |
| Kornbindungsfestigkeit der wassergetränkten Proben | | | Sättigungskoeffizient S bzw. $S_r =$ | | | | |
| 20 | 15 | 10 | $\times 1,4$ | $\times 1,4$ | $\times 1,3$ | $\times 1,3$ | $\times 1,2$ |
| 25 | 20 | 15 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 |
| 30 | 25 | 20 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | — |
| 40 | 35 | 30 | 1,1 | 1,1 | 1,05 | 1,05 | — |
| 50 | 45 | 40 | 1,05 | 1,05 | — | — | — |
| 60 | 55 | 50 | — | — | — | — | — |
| 70 | 65 | 60 | 0,85 | 0,85 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| 80 | 75 | 70 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,95 | 0,95 |
| 90 | 85 | 80 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,95 |
| 100 | 95 | 90 | 0,75 | 0,75 | 0,85 | 0,9 | 0,9 |
| Reduktionsfaktoren: | | | | | | | |

Die nach Schema 6 gefundenen Frostbeständigkeitsziffern sind nach Maßgabe der Kornbindungsfestigkeit des wassergelagerten Gesteins und seines Sättigungskoeffizienten mit den in Kol. 4 bis 8 aufgeführten Reduktionsfaktoren zu multiplizieren, und zwar ist hierbei je nach der bautechnischen Verwendung des Gesteins der Wert $\zeta_r w_{1-3}$ zu berücksichtigen.

665. 2. Ergänzungstabelle für Schema 6

zur Bewertung des Verteilungskoeffizienten V .

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. |
|-----|--------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------------------|------|------------------|------|------|------|------|
| | Frostbeständigkeitsklasse nach Schema 6 und Ergänzungstabelle 1 | | | | | | | | | | | | |
| | IA | IB | IC | I | I-II | II | II bis III | III | III bis IV | IV | IV-V | V | VI |
| | Ergänzungsziffern: | | | | | | | | | | | | |
| 1,1 | — | — | — | — | — | +0,1 | +0,2 | +0,3 | +0,4 | +0,5 | +0,6 | +0,7 | +0,8 |
| 1,2 | — | — | — | — | +0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 1,3 | — | — | — | +0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| 1,4 | — | — | +0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 |
| 1,5 | — | +0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 |
| 1,6 | +0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
| 1,7 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |
| 1,8 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 |
| 1,9 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 |
| 2,0 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 |
| 2,1 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 |

Erläuterung: Ist die Frostbeständigkeitsklasse des Gesteins gemäß dem Sättigungs- und Erweichungskoeffizienten nach Schema 6 und der 1. Ergänzungstabelle bestimmt, so wird, falls der Verteilungskoeffizient V höher als 1 ist, der zu V und der betreffenden Klasse gehörige Ergänzungswert in der vorstehenden Tabelle aufgesucht und die Frostbeständigkeitsklasse um diesen Wert erhöht.

Beispiel: $S = 0,75$; $\eta = 0,6$. Kornbindungsfestigkeit $\zeta_r w_1 = 72$; Verteilungskoeffizient $V = 1,5$. Frostbeständigkeitsklasse nach Schema 6 = III, 3; Reduktionsfaktor für $\zeta_r w_1$ nach der Ergänzungstabelle 1 = 0,85 (III, $3 \times 0,85 =$ II, 81); V nach der Ergänzungstabelle 2 = +0,63, Gesamtergebnis = 3,44, also Klasse III—IV.

Für den Verteilungskoeffizienten kann auch der Färbungstypus φ (s. Abs. 644 S. 540 u. f.) näherungsweise als Ersatz dienen. In den meisten Fällen entspricht

| | | | | | |
|---------------|---|-------------|-------------------|---|-------------|
| φ III | = | V 1,1—1,2 | φ X, XI | = | V 1,7—1,8 |
| „ IV, V, VII | = | „ 1,3—1,4 | „ XXI, XXII, XXIX | = | „ 1,9—2,1 |
| „ XIII, XV | = | „ 1,5—1,6 | | | |

666. 3. Ergänzungstabelle für Schema 6

zur Bewertung des Einflusses, welchen der Frostbeständigkeitsgrad auf den nach Schema 1 bis 5 bestimmten Qualitätsgrad ausübt.

| 1. Bewertungsziffern der Gesteinsqualitäten nach Schema 1 bis 5 | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Frostbeständigkeitsklassen nach Schema 6 und Ergänzungstabelle 1 bis 2 | | | | | | | | |
| | II | II-III | III | III-IV | IV | IV-V | V | V-VI | VI |
| | Ergänzungsziffern: | | | | | | | | |
| 0,25 | + 0,75 | + 1,3 | + 2,0 | + 2,5 | + 3,0 | + 3,5 | + 4,0 | + 4,5 | + 5,0 |
| 0,50 | 0,65 | 1,2 | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,4 | 3,9 | 4,4 | 4,9 |
| 0,75 | 0,55 | 1,1 | 1,8 | 2,3 | 2,8 | 3,3 | 3,8 | 4,3 | 4,8 |
| 1 | 0,45 | 0,8 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 3,2 | 3,7 | 4,2 | 4,7 |
| 1,5 | 0,35 | 0,6 | 1,3 | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,4 | 3,9 | 4,4 |
| 2 | 0,1 | 0,5 | 1,0 | 1,6 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 3,6 | 4,1 |
| 2,5 | — | 0,3 | 0,7 | 1,3 | 1,8 | 2,3 | 2,8 | 3,3 | 3,8 |
| 3 | — | — | 0,4 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 |
| 3,5 | — | — | 0,1 | 0,7 | 1,2 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 3,2 |
| 4 | — | — | — | 0,4 | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 2,4 | 2,9 |
| 4,5 | — | — | — | 0,1 | 0,6 | 1,1 | 1,6 | 2,1 | 2,6 |
| 5 | — | — | — | — | 0,3 | 0,8 | 1,3 | 1,8 | 2,3 |
| 5,5 | — | — | — | — | — | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| 6 | — | — | — | — | — | 0,2 | 0,7 | 1,2 | 1,7 |

Erläuterung: Um den Einfluß festzustellen, den der Frostbeständigkeitsgrad (Schema 6 und Ergänzungstabelle 1 bis 2) auf den Qualitätsgrad der Kornbindung (Schema 1 bis 5 nebst zugehörigen Ergänzungstabellen) ausübt, wird die betreffende Ergänzungsziffer in Kol. 2 bis 10 aufgesucht und zur Wertziffer der Kornbindung addiert.

Beispiel: Nach Maßgabe der Kornbindung sei in Schema 1 bis 5 nebst Ergänzungstabellen die Qualitätziffer 3 gefunden worden; die Frostbeständigkeitsklasse sei nach Schema 6 nebst Ergänzungstabellen 4—5. Alsdann ergibt die obige Tabelle in Kol. 7 die Ergänzungsziffer + 2,0, und es ist somit die Qualitätsklasse des Gesteins $3 + 2,0 = V$.

667.

Schema 7

zur Bewertung der Resultate der experimentellen Frostprüfung.

Es bedeuten F_1 , F_2 und F_3 die Frostbeständigkeitskoeffizienten $\frac{\xi f}{\xi w}$ (siehe Abs. 526 S. 424) bei 30 maligem Gefrieren der Proben, und zwar F_3 nach 30 tägiger, F_2 nach 3 tägiger und F_1 nach 3 stündiger Wasserlagerung.

Die Vertikalkolumnen 3–14 enthalten die Frostbeständigkeitsklassen, und zwar Kolonne H für Verwendung der Gesteine im aufgehenden Mauerwerk von Hochbauten, Kolonne E für Verwendung in exponierten Architekturteilen bezw. zu Bauteilen in unmittelbarer Berührung mit nassem Erdreich und Kolonne W bei Verwendung zu Wasserbauten in Höhe des veränderlichen Wasserstandes.

Die Ziffern hinter dem Komma bedeuten die Zwischengrade, also z. B. II, 5 = Klasse II–III.

| 1. F_1 nach 3stündig. Wasser- lagerung | 2. F_2 nach 3 tägiger Wasser- lagerung | F_3 nach 30 tägiger Wasserlagerung: | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|---|---------|-----|-----|---------|--------|--------|---------|--------|------|
| | | 1 | | | 0,9–0,8 | | | 0,7–0,6 | | | 0,5–0,4 | | |
| | | H | E | W | H | E | W | H | E | W | H | E | W |
| Qualitätsklassen | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | IA | IA | I | IB | I | I,5 | IC | I, 5 | III | I | II, 5 | } VI |
| | 0,9–0,8 | — | — | — | IC | I,5 | II | I | II | III, 5 | I, 5 | III | |
| | 0,7–0,6 | — | — | — | — | — | — | I, 75 | II, 5 | IV | II, 25 | III, 5 | |
| 0,9–0,8 | 0,9–0,8 | — | — | — | — | — | — | I, 25 | II, 25 | III, 5 | II | III, 5 | } VI |
| | 0,7–0,6 | — | — | — | — | — | — | II, 25 | II, 75 | IV | II, 75 | IV | |
| | 0,5–0,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | IV | V | |
| 0,7–0,6 | 0,7–0,6 | — | — | — | — | — | — | II, 5 | III, 5 | IV, 5 | III | IV | } VI |
| | 0,5–0,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | IV | V | |
| 0,5–0,4 | 0,5–0,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | V | VI | VI |

Anmerkung: Auch die Bewertung des Einflusses der experimentell bestimmten Frostbeständigkeitsgrade auf die nach Schema 1 bis 5 festgestellten Qualitätsgrade erfolgt nach der 3. Ergänzungstabelle S. 582.

Hinsichtlich der Zuverlässigkeit der experimentellen Frostprüfung s. die Ausführungen in Abs. 344–345 S. 246.

Kapitel 52.

Anleitung zur praktischen Beurteilung der Kalksteine und Marmorarten nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften und ihrer Erscheinungsweise im Bruch.

668. Die allgemeinen Bemerkungen, welche der Anleitung zur Beurteilung der Sandsteine vorausgeschickt sind (Abs. 566 S. 472), gelten auch für die Qualitätsbestimmung der Kalksteine.

Insbesondere aber sind für die Beurteilung dieser Gesteinsart in erster Linie folgende Strukturverhältnisse maßgebend:

1. die Art der Kornausbildung (kristallinisch oder pelitomorph);
2. die Kornverwachsung (unmittelbar oder mittelbar);
3. die Stetigkeit der Kornbindung (kompakt, bezw. mehr oder weniger locker).

Dabei ist besonders hervorzuheben, daß es auch bei der Qualitätsbestimmung poröser Kalksteine (Schaumkalke), oolithischer Kalksteine und solcher, welche vorzugsweise aus Muschelresten zusammengesetzt sind, wesentlich darauf ankommt, ob die Kalkmasse zwischen den Poren, Oolithen und Muschelresten mehr oder weniger scharf kristallinisch oder pelitomorph bezw. kompakt oder locker ausgebildet ist.

Bei sehr feinkörnigem Gefüge lassen sich diese Verhältnisse mit vollkommener Zuverlässigkeit nur unter dem Mikroskop bestimmen; aber in den meisten Fällen zeigen die Kalksteine eine derartige Struktur, daß sich die Ausbildungsweise der Körnung auch unter Zuhilfenahme einer scharfen Lupe mit ziemlicher Sicherheit erkennen läßt, und in zweifelhaften Fällen kann die Bestimmung der allgemeinen Festigkeit des Gesteins und seiner Wassererweichung, sowie das Ergebnis der künstlichen Durchfärbung eine wertvolle Ergänzung der erstgenannten Untersuchung liefern. Denn die pelitomorphen Kalksteine sind im allgemeinen nicht nur von weit geringerer Festigkeit als die kristallinen Gesteine, sondern sie zeigen auch durchgängig eine beträchtliche Wassererweichung, die den kristallinen Ausbildungsformen vollkommen fehlt. Die mehr oder weniger kompakte Kornbindung tritt aber bei der künstlichen Durchfärbung des Gesteins in sehr prägnanter Weise hervor.

669. Untersuchung mit der Lupe. Während die makrokristalline und mesokristalline Ausbildung der Kalksteine schon mit bloßem Auge von den als „dicht“ bezeichneten Texturformen unterschieden werden kann, bedarf es für die nähere Bestimmung von Gesteinen der letzteren Gruppe, welche die mikrokristallinen und pelitomorphen Ausbildungsformen umschließt, der Anwendung einer Lupe von ca. 16× Vergrößerung. Namentlich bei heller Beleuchtung (Sonnen- oder Lampenlicht) erscheint alsdann der frische Bruch, infolge der Spaltungsflächen der mikrokristallinen Aggregate, selbst wenn diese in ihren Abgrenzungen nicht mehr deutlich hervortreten, mehr oder weniger glänzend, während die Bruchfläche der pelitomorphen Kalksteine durchaus matt ist. Nur bei äußerster Feinkörnigkeit des Gesteins vermag man diesen Unterschied nicht mehr mit völliger Sicherheit zu erkennen.

Des weiteren gestattet die Untersuchung mit der Lupe die Kornbindungsgrade, wenigstens bei gröberer Körnung, als kompakt bzw. als mehr oder weniger locker zu bestimmen, den Porositätscharakter festzustellen und auch unbedeutende, akzessorische Bestandteile nach ihrer substantziellen Natur, wie nach der Art ihrer Einlagerung zu unterscheiden.

670. Bestimmung der allgemeinen Festigkeit des Gesteins und seiner Wassererweichung. Für den vorliegenden Zweck genügt es auch hier, wie bei den Sandsteinen, zu bestimmen, ob das Gestein als ein sehr festes, festes, mittelfestes oder mürbes zu bezeichnen ist, und eine Unterscheidung in diesen Grenzen läßt sich, bei einiger Übung, durch einfaches Zerschlagen mit dem Hammer ermöglichen.

Der gleiche Versuch wird an dem Gestein wiederholt nach 3-, 10- und 30tägiger Wasserlagerung desselben, um auf diese Weise einen Anhalt über die Erweichbarkeit des Materials in Wasser zu gewinnen¹⁾.

Im allgemeinen gestatten die Ergebnisse dieser Versuche einen Schluß auf die Textur der Kalksteine nach der folgenden schematischen Zusammenstellung:

| Festigkeitsgrad des trocknen Gesteins | Keine merkliche Erweichbarkeit in Wasser | Beträchtliche Erweichbarkeit in Wasser | Sehr beträchtliche Erweichbarkeit in Wasser |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Texturausbildung: | | | |
| Sehr fest ($\zeta_w = 50$ u. darüber) | Vollkommen bis ziemlich kompakte, unmittelbare Kornbindung ($b_{1-3} \beta_{1-2}$) | — | — |
| Fest ($\zeta_w = c. 40$) | Ziemlich kompakte bis ziemlich lockere, unmittelbare Kornbindung ($b_{1-3} \beta_{2-3}$) | Ziemlich kompakte b. ziemlich lockere, teils unmittelbare Kornbindung, teils solche mit kristalliner bis pelitomorpher Zwischenmasse ($b_{1-4} \beta_{2-3}$) | — |
| Ziempl. fest ($\zeta_w = c. 30$) | Ziemlich lockere, unmittelbare Kornbindung ($b_{1-3} \beta_3$) | Ziemlich lockere Kornbindung mit kryptokristalliner bis pelitomorpher Zwischenmasse ($b_{3-4} \beta_3$) | Ziemlich lockere Kornbindung mit pelitom. Zwischenmasse oder auch rein pelitomorphes Gestein ($b_4 \beta_3$) |
| Wenig fest ($\zeta_w = c. 20$) | Sehr lockere, unmittelbare Kornbindung ($b_{1-3} \beta_4$) | Sehr lockere Kornbindung mit pelitomorpher Zwischenmasse ($b_4 \beta_4$) | Sehrlockere Kornbindung bei toniger oder ockeriger Zwischenmasse ($b_5 \beta_4$) |

¹⁾ Über eine andere zweckentsprechende Methode zur näherungsweisen Festigkeitsbestimmung s. Abs. 570 S. 476.

Anmerkung: Zu beachten ist hierbei, daß Kalksteine, welche in wesentlichem Grade silifiziert sind, selbst bei pelitomorpher Ausbildung eine bedeutende Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die erweichende Wirkung des Wassers erlangen. Da sich aber die Wetterbeständigkeit nach Maßgabe des Silifizierungsgrades erhöht, so werden auch für derartige Gesteine die aus der vorstehenden Tabelle abgeleiteten Resultate für die Bestimmung der Qualitätsklasse näherungsweise Geltung behalten.

Ferner ist zu berücksichtigen, daß die allgemeine Festigkeit naturgemäß mit zunehmender Porosität sich verringert, daß aber poröse Gesteine von mittlerer Festigkeit eine sehr kompakte Kornbindung besitzen können, und da die letztere es ist, welche für die Wetterbeständigkeit namentlich in Betracht kommt, so wird der Festigkeitsgrad um so höher zu bewerten sein, je poröser das Gestein ist.

671. Gesteinsdurchfärbung. Die Ausführung dieser Prüfungsmethode (s. Kap. 11 S. 172) ist so einfach, daß sie auch für die praktische Beurteilung der Kalksteine zur Anwendung gelangen kann. Für gelegentliche Versuche läßt sich statt der alkoholischen Lösung von Nigrosin auch eine leichtflüssige, schwarze, vollkommen säurefreie Tinte verwenden.

Kleine Stücke des Gesteins werden 24 Stunden in die Farblösung gelegt und nach oberflächlichem Abtrocknen mit einem scharfen Hammer durchschlagen.

Es zeigen sich hierbei, je nach der Texturausbildung des Gesteins, folgende Färbungs-Erscheinungen:

1) Kristallinisch-körnige Kalksteine (Marmor):

- a) Unmittelbare, vollkommen bis ziemlich kompakte Kornbindung ($b_1 \beta_{1-2}$); Qualität I: Gleichmäßig schwache bläuliche Durchfärbung (s. Fig. 116 S. 180).
- b) desgleichen, stellenweise jedoch ziemlich lockere Kornbindung ($b_1 \beta_{1-2}$ z. T. β_3); Qualität II: Schwach bläulich durchfärbt, mit dunkleren Flecken (s. Fig. 117 S. 180).
- c) desgleichen, stellenweise jedoch sehr lockere Kornbindung ($b_1 \beta_{1-2}$ z. T. β_4); Qualität III nur für Innenräume zu verwenden: Bläulich durchfärbt, mit dunkleren, in der Mitte intensiv blauen Flecken. (s. Fig. 118 S. 180).

In dem Maße, wie die gesamte Kornbindung lockerer wird, erscheint auch die allgemeine Durchfärbung intensiver (Färbungsintensität b—c, Fig. 83 S. 175).

2) Mikro- und kryptokristalline Kalksteine:

- a) Vollkommen bis ziemlich kompakte, unmittelbare Kornbindung ($b_{1-3} \beta_{1-2}$); Qualität IA—II: Keine erhebliche Durchfärbung.
- b) ziemlich lockere, unmittelbare Kornbindung ($b_{1-3} \beta_3$); Qualität I—II, 3: Gleichmäßig schwache Randfärbung (s. Fig. 91 S. 176).
- c) lockere, unmittelbare Kornbindung ($b_{1-3} \beta_4$); Qualität I, 5—II, 5: Breite, bogenförmige Randfärbung (s. Fig. 100 S. 177).

3) Mikro- und kryptokristalline Kalksteine mit pelitomorpher bezw. toniger Durchwachsung; Qualität IV—V:

Je nach der Menge der pelitomorphen bezw. tonigen Bestandteile und der mehr oder weniger lockeren Kornbindung: Breite Randfärbung mit mehr oder weniger starker, rundlicher Eindringung (s. Fig. 106—109 S. 178, 179).

4) Vorherrschend pelitomorphe Kalksteine; Qualität VI: Ungleichmäßig, fleckige, blaue bis schwarzblaue Durchfärbung (s. Fig. 113—115 S. 180).

Anmerkung zu 3) und 4).

Eine beträchtliche Silifizierung der Kalksteine kann die Farbaufsaugung ihrer pelitomorphen und tonigen Bestandteile derartig verringern, daß die betreffenden Gesteine die Färbungstypen der mikrokristallinen Texturformen mit vollkommen kompakter Kornbindung annehmen. Da die Silifizierung aber die ungünstige Wirkung der genannten Bestandteile aufhebt, so entspricht auch in diesem Falle der Färbungstypus des Gesteins seinem Wetterbeständigkeitsgrad.

Spaltrisse, Ablösungsflächen und lockerer Schichtenzusammenhang werden durch entsprechende Färbungseindringungen angezeigt (s. Fig. 85, 92, sowie Fig. 89 bezw. Fig. 86—88 und 93—94 S. 175 u. f.).

672. Nachweis von Nebenbestandteilen (Kieselsäure, kohlige Substanzen, Ton, Eisenkies).

1) Kieselsäure. Dieselbe kommt sowohl in gleichmäßiger Verteilung als Infiltrationsprodukt vor, wie auch in Form von Quarzsand. Im ersteren Falle verleiht sie dem Kalkstein, je nach ihrer Menge, einen mehr oder weniger beträchtlichen Härtegrad (Bestimmung mittels Stahlnadel und Lupe s. Abs. 253 S. 140). Ein Gehalt an Quarzsand ist dagegen durch Auflösung einer größeren Probe in Salzsäure und Prüfung des Rückstandes mittels der Lupe festzustellen.

2) Kohlige Substanzen. Sie sind teils bituminöser Natur und bewirken dann in der Regel eine gleichmäßige, graue bis schwärzliche Färbung des Gesteins, teils treten sie als deutlich erkennbare Einlagerungen auf und nähern sich dann in ihrer Zusammensetzung derjenigen der Braun- bezw. Steinkohle. Erhitzt man bituminöse Kalke in einem kleinen Glasröhrchen, so entwickeln sie einen empyreumatischen Geruch, der sich mitunter auch schon beim Zerschlagen des Gesteins zu erkennen gibt.

3) Ton. Tonige Substanzen finden sich z. T. in gleichmäßiger Verteilung, wie in den Mergelkalksteinen, und sind dann an dem eigentümlichen Geruch, den das Gestein beim Anfeuchten entwickelt, zu erkennen, wie andererseits an der beträchtlichen Erweichbarkeit desselben in Wasser; überdies treten aber auch tonige Einlagerungen in dünnen Blättchen oder in zusammenhängenden Schichtlagen auf und bei dichten Marmorarten nicht selten in unregelmäßigen, oft sehr beträchtlichen Schnüren und Nestern, die ihrer substanzialen Natur nach,

an der geringen Härte, der grauen, gelblichen bis rötlichen Färbung, der pelitomorphen Textur und der leichten Erweichbarkeit in Wasser erkannt werden können.

4) Eisenkies. In geringer Menge und mikroskopischer Verteilung verleiht das Eisenbisulfid dem Kalkstein eine blaugraue, bei der Verwitterung in ockergelb übergehende Färbung. Körnige Beimengungen sind an der speisgelben Farbe und dem lebhaften Metallglanz zu erkennen.

673. Bestimmung des Wetterbeständigkeitsgrades aus den nach Abs. 668 bis 672 gewonnenen Resultaten. Hat man nach dem vorstehend erläuterten Verfahren einen Anhalt für die Beurteilung der Kornausbildung, der Kornbindungsart und Stetigkeit der Kornbindung gewonnen und die allgemeinen Strukturverhältnisse des Gesteins, wie die etwaigen Beimengungen desselben festgestellt, so läßt sich hieraus eine näherungsweise Bestimmung des Wetterbeständigkeitsgrades der Kalksteine nach folgendem Schema ableiten:

| | Makrokristalline Struktur (Marmor) | Meso- bis mikrokristalline Struktur | Pelitomorphe Struktur |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|
| Mehr oder weniger kompakte Kornbindung | I—I, 5 | IA—I | III |
| Ziemlich lockere Kornbindung | I, 7—II, 2 | I, 2—I, 6 | III, 5 |
| Sehr lockere Kornbindung | II, 3—III | I, 8 - II, 2 | IV |
| Tonige Einlagerungen oder reichlich kohlige Beimengungen | IV, 5—V | — | V—VI |
| Mehr oder weniger starke Silifizierung | — | — | II—III |
| Ergänzungsziffern, welche zu den obigen Qualitätszahlen hinzuzuzählen sind: | | | |
| Stark poriges Gestein | — | + 0—0,3 | + 3 |
| Vorherrschend aus Muschelresten be- stehendes Gestein | — | + 0,2—0,5 | + 2 |

| | Makrokristalline Struktur (Marmor) | Meso- bis mikrokristalline Struktur | Pelitomorphe Struktur | |
|---------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Geringer Gehalt an Eisenkies | + 0,5—1 | + 0,2—0,5 | + 2 | bei starker Silifizierung: 0 |
| Starker Gehalt an Eisenkies | + 1,5—2,5 | + 1,5—2 | + 3 | + 1 |

674. Als mehr oder weniger frostunbeständig sind zu betrachten:

- 1) Geschichtete, dichte Kalksteine mit dünnen Tonzwischenlagen;
- 2) dünngeschichtete, dichte Kalksteine mit gleichmäßig verteiltem, größerem Tongehalt (Mergelkalke);
- 3) Kalksteine, welche bei dem Färbungsversuch deutliche Schichteindringungen aufweisen, s. Fig. 86—88, 90, 93, 94, 105 S. 175 u. f.

Gesteine, welche die vorgedachten Eigenschaften nicht zeigen, dürfen im allgemeinen als frostbeständig gelten.

Schließlich mag darauf hingewiesen werden, daß es sich empfiehlt, in allen solchen Fällen, in denen die Bestimmung der Texturelemente nach den hier zur Anwendung gelangenden approximativen Methoden unsicher erscheint, die bezüglichen Grenzwerte festzustellen und für diese die zugehörigen Qualitätsziffern in der Tabelle aufzusuchen, zwischen denen alsdann die Bewertung als schwankend anzunehmen ist.

Beurteilung der Wetterbeständigkeit des Gesteins nach Maßgabe seiner Oberflächenbeschaffenheit im Steinbruch.

675. Einen wichtigen Anhalt für die Beurteilung der Wetterbeständigkeit eines Kalksteinvorkommens kann unter Umständen die Beschaffenheit der äußeren Rinde oder der „Schwarte“ des Gesteins auf seiner Lagerstätte gewähren, wenn dabei die örtlichen geologischen Verhältnisse gebührend berücksichtigt werden.

Es sind hierbei namentlich folgende Fälle zu unterscheiden:

- 1) Das Gestein tritt unbedeckt zutage, und es läßt sich annehmen, daß die Oberfläche bereits während geologischer Zeiträume der Wirkung der Atmosphärien ausgesetzt war.

Zeigt trotzdem das Gestein nur eine verhältnismäßig geringe Verwitterungsrinde und keine sehr bedeutende Festigkeitsverminderung in

den oberen Schichten, so darf es für bautechnische Zwecke als in hohem Grade wetterbeständig erachtet werden.

Hat sich dagegen im Laufe geologischer Zeiträume eine starke mürbe „Schwarte“ gebildet, so ist damit noch keineswegs erwiesen, daß das Gestein nicht in seinen gesunden Lagen ein vortreffliches Baumaterial liefern kann.

Denn es ist hierbei zu berücksichtigen, daß die Schwarte das Produkt der Verwitterung geologischer Zeiträume ist, in denen alle Gesteinsmaterialien der Zerstörung anheimfallen.

Immerhin wird aber bei starker Verwitterung der Oberflächenschichten die Qualität des Gesteins als fraglich zu erachten und demgemäß durch eine genaue Untersuchung zu bestimmen sein.

2) Das Gestein ist von einer starken Schicht schüttigen Materials überlagert.

Zeigt das Gestein unterhalb seiner Bedeckung eine verhältnismäßig geringe Verwitterungsrinde ohne bedeutende Festigkeitsverminderung, so bleibt noch festzustellen, ob es auch in unmittelbarer Berührung mit den Atmosphärien als vollkommen frostbeständig zu erachten ist. Zutreffendenfalls darf es als durchaus wetterbeständig gelten, es sei denn, daß es einen bedeutenden Gehalt an Eisenkies besitzt, der an der Oberfläche unter dem ungehinderten Zutritt der Luft eine stärkere Zersetzung als in der Erde erleiden und dadurch die Wetterbeständigkeit des Gesteins beeinträchtigen würde.

Nicht selten ist das Material unterhalb der Deckschicht stark zerstückelt, und es finden sich dann innerhalb der letzteren und wohl auch an deren Oberfläche Bruchstücke des anstehenden Gesteins. Sind dieselben noch von beträchtlicher Festigkeit, dann ist ohne weiteres die absolute Frostbeständigkeit des Materials als erwiesen zu betrachten.

Weist das Gestein unter seiner Bedeckung und trotzdem es durch dieselbe der Frostwirkung entzogen ist, eine stark verwitterte Schwarte auf, so wird die Ursache der Verwitterung zu bestimmen und danach zu beurteilen sein, in welchem Maße die hierbei in Frage kommenden Gesteinseigenschaften auch auf das Material im Bauverbande ungünstig einzuwirken imstande sein werden.

Namentlich ist zu berücksichtigen, daß die aus humosem Erdreich stammenden Agentien (Humussäure, Ammoniumkarbonat usw.) eine starke Zersetzung des Kalkgesteins verursachen.

3) Handelt es sich um einen älteren, aufgelassenen Bruch, dessen Außerbetriebsetzung der Zeit nach bekannt ist, so wird man aus der Beschaffenheit der Abbaufäche ersehen, welche Veränderungen das Ge-

stein in dem betreffenden Zeitraum erlitten hat und hiernach die Qualität des Materials feststellen können.

Alle diese aus der Oberflächenbeschaffenheit des Gesteinsvorkommens abzuleitenden Beurteilungen seiner Wetterbeständigkeit haben jedoch naturgemäß nur dann eine allgemeine Bedeutung für das Gesamtmaterial des Bruches, wenn sich die vollständige Gleichartigkeit aller Schichten desselben nachweisen läßt. Empfehlenswert ist es, hierbei nicht nur dem Augenschein zu folgen, sondern das Material der einzelnen Gesteinsbänke einer sachgemäßen Untersuchung zu unterziehen.

Neben den Veränderungen, welche die Atmosphärien und die Erdfeuchtigkeit in dem Bruchgestein bewirkt haben, sind bei Beurteilung seiner Qualität auch die dynamischen Wirkungen, denen das Gestein unterworfen war, zu berücksichtigen, insbesondere die Absonderungen, Druckerscheinungen, Spalt- und Kluftbildungen, wie die allgemeinen geologischen Lagerungsverhältnisse.

Näheres hierüber siehe in Kap. 3 S. 16—21 und Kap. 4 S. 31—41.

IX. Teil.

Die Dachschiefer einschließlich der Tonschiefer im allgemeinen und ihre Prüfung.

Kapitel 53.

Allgemeine petrographische Charakteristik.

676. Mit dem Namen Dachschiefer bezeichnet man dünn geschichtete und sehr vollkommen ebenflächig-schiefrige, sedimentäre Tonschiefer von grauer bis schwarzer, grünlicher, bräunlichroter bis roter Farbe.

Ihre Hauptbestandteile sind: 1) lamellar-schuppiger Glimmer, z. T. von serizitischem Charakter nebst mehr oder weniger reichlichen Schüppchen eines chloritartigen Minerals; 2) Quarz in körnigen, oft linsenförmigen Aggregaten und als Neubildung in Form eines Kieselzementes; 3) tonige Substanzen.

Als Nebenbestandteile kommen in wechselnder Menge vor: 1) die Karbonate von Kalzium, Magnesium und Eisen; 2) kohlige Substanzen, z. T. Graphit; 3) Magneteisen; 4) Eisenoxyd und Eisenhydroxyd; 5) Eisenkies, teils in mikroskopischen Partikeln, teils in größeren Körnern und Linsen; endlich 6) Rutilnadelchen, Zirkon und Apatit.

Neben der durch die parallele Anordnung der Gemengteile, wie namentlich des Glimmers bedingten Schieferung, tritt nicht selten eine durch den Gebirgsdruck hervorgerufene transversale Schieferung auf, deren Richtung gegen die der ersteren verschieden geneigt ist. Auch nach dieser tektonischen Schieferung lassen sich manche Vorkommnisse in dünne Platten spalten. Es ist aber irrtümlich, anzunehmen, daß die Spaltbarkeit der Dachschiefer im allgemeinen der transversalen Schiefe-

rung entspricht. Vielmehr haben zahlreich ausgeführte mikroskopische Untersuchungen der Dachschiefer aus Rheinland, Westfalen, Nassau und Schlesien erkennen lassen, daß die Anordnung der Glimmerlagen in den gedachten Vorkommnissen, mit vereinzelt Ausnahmen, der Schichtungsfäche entspricht.

677. Man kann folgende Tonschiefer-Varietäten unterscheiden:

- 1) **Glimmertonschiefer**¹⁾, dessen lamellarer Bestandteil vorzugsweise serizitischer Glimmer oder Biotit ist;
- 2) **Chlorittonschiefer**, von grünlicher Farbe mit vorherrschend chloritischen Schüppchen.
- 3) **Tafelschiefer**, durch starke Beimengung kohligter Bestandteile schwarz gefärbt.
- 4) **Kalktonschiefer**, mit beträchtlichem Gehalt an Kalziumkarbonat und meist auch Magnesiumkarbonat.
- 5) **Eisentonschiefer**, durch reichlichen Gehalt an Eisenoxyd rot gefärbt.
- 6) **Kieseliger Tonschiefer**, dessen Masse stark silifiziert ist.

Von gleicher Zusammensetzung wie die dünnplattigen Dachschiefer sind die als Tonschiefer im allgemeinen bezeichneten Gesteine, nur daß dieselben keine ebenflächige oder doch nicht so vollkommene Schieferung besitzen, um sich in dünne Tafeln zerteilen zu lassen. Häufig enthalten derartige Gesteine reichliche Quarzschnüre, oder sie sind in ihrer Gesamtmasse mehr oder weniger stark silifiziert (Kieselschiefer z. T.) und finden alsdann zu Bruchsteinmauerwerk oder auch wohl als Schottermaterial Verwendung, während die weichen und namentlich kohligten Tonschiefergesteine, wegen ihrer geringen Beständigkeit und meist starken Zerklüftung, eine technische Anwendung nicht gestatten.

¹⁾ Der Name Glimmertonschiefer wurde von Naumann für den Phyllit (Urtonschiefer) verwendet. Da diese Bezeichnung aber außer Gebrauch gekommen ist, so mag sie hier zur Benennung der glimmerreichen, sedimentären Tonschiefer dienen.

Kapitel 54.

Die Mikrostruktur der Dachschiefer.

678. Die mikroskopische Untersuchung der Dachschiefer, welche am zweckmäßigsten in Dünnschliffen rechtwinklig zur Schichtung ausgeführt wird, läßt erkennen, daß die Strukturunterschiede der Schiefer im wesentlichen durch die Anordnung der Glimmerlagen bedingt sind¹⁾. Der Glimmer tritt entweder in dickblättrigen Lamellen von dunkler Farbe (s. Fig. 315) mit den optischen Eigenschaften des Magnesiaglimmers auf, oder er erscheint schwach gelblich gefärbt bis wasserhell und bildet dann stets feinschuppige Aggregate (s. Fig. 318) oder stark streifige (feinblättrige) Lamellen. Die schuppigen Aggregate erinnern an den eisenfreien Magnesiaglimmer, den sog. Phlogopit, die streifigen Lamellen an den Serizit. Überdies kommen aber nicht selten auch chloritische Abänderungen vor. Dabei ist der Glimmer entweder durch-



Fig. 315. Durchsichtige Glimmerlamellen.

gc₁: vollk. zusammenhängend;
gc₂: unvollk. zusammenhängend.



Fig. 316. Durchsichtige, stellenweise schwarz gefleckte Glimmerlamellen.

gc₃: vollk. zusammenhängend;
gc₄: unvollk. zusammenhängend.

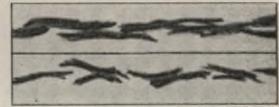


Fig. 317. Undurchsichtige, schwarze Lamellen.

gc₅: vollk. zusammenhängend;
gc₆: unvollk. zusammenhängend.

sichtig bzw. gleichmäßig licht gefärbt oder schwarz gefleckt bis vollkommen undurchsichtig (s. Fig. 316 u. 317). Die diese Erscheinung bewirkende Einlagerung kann sowohl aus Magneteisen wie auch aus kohligter Substanz bestehen. In letzterem Falle sind die schwarzen Flecken nicht scharf begrenzt, sondern zeigen verschwommene Umrisse, und das gleiche gilt für die Gesamtumgrenzung der Glimmerlamellen, wenn dieselben sehr reichlich mit Kohle imprägniert sind (s. Fig. 320).

¹⁾ Wie die Vergleichung der mikroskopischen Abbildung zweier Schliffe, rechtwinklig und parallel zur Schichtung in Fig. 332 u. 333 S. 626 zeigt, vermag nur die erstere Anordnung des Schliffes eine Vorstellung von der Struktur des Dachschiefers zu geben, während die Schliffe parallel zur Schichtung für die Beurteilung der einzelnen Gemengteile zwischen den Glimmerlagen eine zweckmäßige Verwendung finden (s. z. B. die in Fig. 333 deutlich hervortretenden, in Reihen und kleinen Anhäufungen angeordneten Kriställchen von Magneteisen).

Tritt der Glimmer in kontinuierlichen Lagen auf, wie das bei den guten Schiefen meistens der Fall ist (s. Fig. 321 bis 324), so verhindert er das Eindringen des Wassers von der Schichtenfläche her; er schützt in diesem Falle nicht nur die zwischen den Glimmerschichten einge-

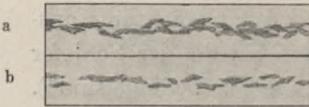


Fig. 318. Durchsichtige, schuppige Aggregate.
ga₁: vollk. zusammenhängend;
ga₂: unvollk. zusammenhängend.

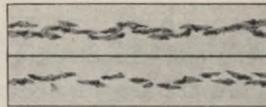


Fig. 319. Durchsichtige, stellenweise schwarz gefleckte, schuppige Aggregate.
ga₃: vollk. zusammenhängend;
ga₄: unvollk. zusammenhängend.

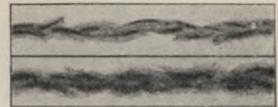


Fig. 320.
gk₁: schwach kohlige, undurchsichtige Streifen oder Lamellen;
gk₄: Sehr stark kohlige, undurchsichtige Streifen oder Lamellen.

lagerten übrigen Bestandteile vor der auflösenden, erweichenden und zersetzenden Wirkung des Wassers, sondern es werden die im Innern nur schwach durchfeuchteten Schiefer auch der Frostwirkung nicht in dem Maße ausgesetzt sein, wie dies bei stark mit Wasser durchtränkten Schiefen der Fall ist.



Fig. 321. Typ. Cz₄.
Vollk. kontinuierl. Glimmerlagen, sehr vollkommen miteinander verbunden.



Fig. 322. Typ. Cz₃.
Vollk. kontinuierl. Glimmerlagen, zieml. vollkommen miteinander verbunden.



Fig. 323. Typ. Cz₂.
Vollk. kontinuierl. Glimmerlagen, unvollkommen miteinander verbunden.

Ist der Glimmer weniger reichlich vertreten, so bildet er diskontinuierliche Lagen (s. Fig. 325 bis 329), oder völlig getrennte, kleinere Lamellen (s. Fig. 330 bis 331), wie das im allgemeinen für die schlechteren Schiefer zutreffend ist. Alsdann vermag das Wasser reichlich von der Schichtungsfläche her einzudringen, so daß eine vermehrte auflösende Wirkung, eine stärkere Zersetzung des etwaigen Eisenkieses bzw. erhöhte Frostwirkung stattfindet. Diejenigen Schiefer, welche schuppig zerteilten Glimmer enthalten, zeigen selbst bei kontinuierlicher Ausbildung der Glimmerschichten eine vermehrte Wasseraufsaugung und dadurch stärkere Zersetzungserscheinungen; sie gehören somit meistens zu den minderwertigen Schiefen.

Aber noch ein anderer Unterschied macht sich in der Ausbildung der Glimmerlagen bemerkbar. Teils zeigen dieselben nämlich eine ausgezeichnet parallelflächige Anordnung (s. Fig. 324), teils sind sie mehr oder weniger flasrig, d. h. der Glimmer umhüllt linsenförmig die übrigen

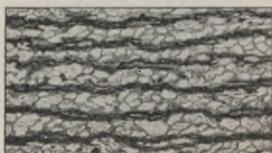


Fig. 324. Typ. Cz₁.
Vollk. kontinuierl. Glimmerlagen,
völlig voneinander getrennt.



Fig. 325. Typ. Cd₃.
Unvollk. kontinuierl. Glimmer-
lagen, ziemlich vollkommen mit-
einander verbunden.



Fig. 326. Typ. Cd₃.
Unvollk. kontinuierl. Glimmer-
lagen, unvollkommen mitein-
ander verbunden.

Schieferbestandteile, und es wird dadurch zugleich in kurzen Abständen ein inniger Zusammenhang der einzelnen Glimmerlagen bewirkt (s. Fig. 321).

Im ersteren Falle vermag das seitlich vom Rande der Dachschieferplatte her eindringende Wasser sich durch Kapillarwirkung vollständig frei zwischen den Glimmerlagen zu verteilen, und solche Schiefer blättern durch Frostwirkung sehr leicht auf. Bei flasriger Struktur dagegen wird



Fig. 327. Typ. Cd₁.
Unvollk. kontinuierl. Glimmer-
lagen, völlig voneinander getrennt.



Fig. 328. Typ. Dz₂.
Diskontinuierl. Glimmerlagen, un-
vollkommen miteinander ver-
bunden.



Fig. 329. Typ. Dz₁.
Diskontinuierl. Glimmerlagen,
völlig voneinander getrennt.

ein seitliches Eindringen des Wassers nur in sehr geringem Maße stattfinden können, und da die kontinuierlichen, hier meist stark entwickelten Glimmerlagen auch ein Eindringen von der Schichtfläche her verhindern, so ist eine namhaftere Frostwirkung ausgeschlossen. Wenn solche flasrigen Schiefer nach Jahrhunderten schließlich verwittern, so zeigen sie auch nur geringe schichtenförmige Aufblätterung, häufig aber nur schuppige Ablösungen. Die glimmerreichen Schiefer mit flasriger

Struktur gehören daher zu den besten Materialien, vorausgesetzt, daß der Glimmer in homogenen Lagen auftritt und nicht in jenen lockeren, schuppigen Aggregaten, wie sie oben erwähnt wurden.



Fig. 330. Typ. J₂.
Isolierte, faserige Glimmerschuppen.

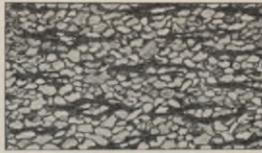


Fig. 331. Typ. J₄.
Isolierte Glimmerschuppen.

Anmerkung:

Fig. 315—320: Texturtypen der Glimmerlagen oder ihres Ersatzes durch serizitische oder chloritische Lamellen.

Fig. 321—331. Strukturtypen der Dachschiefer.

Aber auch glimmerarme Schiefer können ziemlich haltbar sein, wenn sie stark silifiziert sind. Teils erscheint nämlich der Quarz auf dem Querschliff in zusammenhängenden Körnern und Schnüren zwischen den Glimmerlagen, teils tritt er in äußerst feinen Kristallnadeln auf, und in letzterem Falle pflegt die ganze Schiefermasse von Kieselsäure durchdrungen zu sein. Dadurch erlangt insbesondere die Tonsubstanz einen großen Härtegrad und eine dementsprechende Widerstandsfähigkeit gegen die erweichende Wirkung des Wassers.

679. Eine besondere Kategorie bilden ferner die stark **kohligen Schiefer**.

In gewissen Fällen ist die kohlige Substanz lediglich den Glimmerschichten eingelagert, und es erscheinen nur diese unter dem Mikroskop intensiv schwarz und undurchsichtig mit eigentümlich verwaschenen Rändern (s. Fig. 320), während die übrigen Gemengteile vollkommen durchsichtig bleiben. Andererseits kann aber die kohlige Substanz auch gleichmäßig oder in einzelnen regellos zerstreuten Flecken in der ganzen Schiefermasse verteilt sein.

Alle stark kohligen Abänderungen gehören zu den schlechtesten Sorten, da die Kohle den Schiefer hygroskopisch und insbesondere die Glimmerschichten durchlässig macht, so daß sie die Zwischensubstanz vor der Einwirkung des Wassers nicht mehr genügend zu schützen vermögen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß die schwarzen Einlagerungen nicht selten auch aus Magneteisen bestehen, welches Mineral keineswegs die ungünstigen Eigenschaften der kohligen Beimengungen zeigt. Da beide Substanzen, wie der häufig eingemengte Eisenkies, gleich undurchsichtig sind, so kommt es darauf an, diese drei Bestandteile des Schiefers auch in solchen Fällen mit Sicherheit unter dem Mikroskop zu unterscheiden, in denen ihre morphologische Ausbildung hierzu nicht genügt.

Am einfachsten geschieht dies durch Untersuchung der Dünnschliffe bei Oberflächen-Beleuchtung, und zwar eignet sich hierzu am besten die Beobachtung bei Lampenlicht mittels der S. 146 angegebenen Beleuchtungsvorrichtung. Die kohligen Einlagerungen erscheinen alsdann intensiv schwarz; das Magneteisen zeigt eine hellgraue Reflexfarbe bei metallischem Glanz, während der Eisenkies an seinem lebhaften Goldglanz zu erkennen ist. Übrigens liefert diese Methode auch für die Unterscheidung der anderen Gesteinsbestandteile, wie z. B. von Quarz und Feldspat, sehr markante Merkmale. Der Quarz erscheint im reflektierten Licht wasserhell, der Feldspat, je nach seinem Zersetzungsgrad, mehr oder weniger trübe.

I. Allgemeine Übersicht der Strukturtypen.

680. Nach ihren Strukturverhältnissen sind zu unterscheiden:

1. Dachschiefer mit kontinuierlichen, mehr oder weniger vollkommen untereinander verbundenen Glimmerlagen (Fig. 321—323);
2. desgl. mit kontinuierlichen, völlig voneinander getrennten Glimmerlagen (Fig. 324);
3. desgl. mit unvollkommen kontinuierlichen, ziemlich vollkommen bis unvollkommen miteinander verbundenen Glimmerlagen (Fig. 325 u. 326);
4. desgl. mit unvollkommen kontinuierlichen, völlig voneinander getrennten Glimmerlagen (Fig. 327);
5. desgl. mit diskontinuierlichen, unvollkommen miteinander verbundenen bis völlig voneinander getrennten Glimmerlagen (Fig. 328 u. 329).
6. desgl. mit vereinzelt Glimmerlamellen (Fig. 330 bis 331);

Bei allen diesen Strukturtypen können die Glimmerlamellen selbst mehr oder weniger vollkommen mit einander verflochten oder auch gänzlich unzusammenhängend und überdies stellenweise oder vollständig mit Magneteisen, bezw. mit kohligen Substanzen imprägniert sein (Fig. 314 bis 319). Auch kann der Glimmer als Biotit, Phlogopit oder Serizit auftreten oder durch chloritische Varietäten ersetzt werden.

Ferner entsteht eine Reihe von Abänderungen für jede der obigen Strukturformen durch die verschiedene substanzuelle Zusammensetzung der zwischen den Glimmerlagen befindlichen Bestandmasse, und zwar kann dieselbe folgende Zusammensetzung haben:

1. vorwiegend körniger Quarz mit mehr oder weniger untergeordneter toniger Substanz;
2. körniger Quarz mit mehr oder weniger reichlichem Gehalt an Feldspat und toniger Substanz;
3. körniger Quarz mit mehr oder weniger reichlichem Gehalt an Kalkspat und toniger Substanz;

Endlich kommt bei allen diesen Ausbildungsformen in Betracht:

1. der Gesamtgehalt an feinkörnigem Magneteisen;
2. an pulverulentem Eisenoxyd;
3. an kohligen Substanzen und
4. der Grad der Silifizierung des Gesteins.

II. Schematische Zusammenstellung der Strukturelemente und ihrer Signaturen.

681. 1. Morphologische Ausbildung der Glimmerlagen.

Signatur:

| | |
|------------|-------------------------------------------------------------------|
| C_{1-5} | Kontinuierliche Glimmerlagen. Fig. 321 bis 324. |
| Cd_{1-5} | Unvollkommen kontinuierliche Glimmerlagen. Fig. 325 bis 327. |
| D_{1-5} | Diskontinuierliche Glimmerlagen. Fig. 328 und 329. |
| J_{1-5} | Isolierte, parallel angeordnete Glimmerlamellen. Fig. 330 u. 331. |

Die Indices 1—5 deuten die Stärke der Glimmerlagen an, und es bezeichnet:

| | |
|-------------------------|---------------------|
| 1 Sehr dünne Lagen | 4 Starke Lagen |
| 2 Dünne Lagen | 5 Sehr starke Lagen |
| 3 Ziemlich starke Lagen | (s. Abs. 685). |

682. 2. Verbindung der Glimmerlagen untereinander.

Signatur:

| | |
|-------|----------------------------------------------------|
| z_4 | Vollkommen flasrige Verbindung. Fig. 321. |
| z_3 | Ziemlich vollkommen flasrige Verbindung. Fig. 322. |
| z_2 | Unvollkommen flasrige Verbindung. Fig. 323. |
| z_1 | Vollkommen getrennte Glimmerlagen. Fig. 324. |

683. 3. Mikrostrukturelle Beschaffenheit der Glimmerlamellen.

(Bestimmung bei 300 bis 600 \times Vergrößerung.)

Signatur:

| | |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| gc_1 | Durchsichtig und vollkommen zusammenhängend. Fig. 315 a. |
| gc_2 | Durchsichtig und unvollkommen zusammenhängend. Fig. 315 b. |
| gc_3 | Durchsichtig, stellenweise schwarz gefleckt, vollkommen zusammenhängend. Fig. 316 a. |
| gc_4 | Desgl., unvollkommen zusammenhängend. Fig. 316 b. |
| gc_5 | Undurchsichtig schwarz, vollkommen zusammenhängend. Fig. 317 a. |
| gc_6 | Desgl., unvollkommen zusammenhängend. Fig. 317 b. |
| ga_1 | Durchsichtige, schuppige Aggregate (serizitisch), vollkommen zusammenhängend. Fig. 318 a. |
| ga_2 | Desgl., unvollkommen zusammenhängend. Fig. 318 b. |
| ga_3 | Durchsichtige, stellenweise schwarz gefleckte, schuppige Aggregate, vollkommen zusammenhängend. Fig. 319 a. |
| ga_4 | Desgl., unvollkommen zusammenhängend. Fig. 319 b. |
| gm_{1-4} | Magnetithaltige, undurchsichtige Streifen oder Lamellen (1—4 = schwach bis sehr stark magnetithaltig). |
| gk_{1-4} | Kohlige, undurchsichtige Streifen oder Lamellen (1—4 = schwach bis sehr stark kohlige). Fig. 320. |

684.

4. Anzahl der Glimmerlagen.

Signatur:

| | |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| a_{1-x} | Der Index zu a gibt die Zahl der Glimmerlagen auf 1 mm rechtwinklig zur Schichtungsfläche an. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|

685.

5. Stärke der Glimmerlagen.

| Signatur: | Zweifach gegabelte Lage | Dreifach gegabelte Lage |
|------------------|-------------------------|-------------------------|
| $d_1 = 0,001$ mm | 2 $d_1 = 0,0005$ mm | 3 $d_1 = 0,0003$ mm |
| $d_2 = 0,0015$ " | 2 $d_2 = 0,00075$ " | 3 $d_2 = 0,0005$ " |
| $d_3 = 0,003$ " | 2 $d_3 = 0,0015$ " | 2 $d_3 = 0,001$ " |
| $d_4 = 0,005$ " | 2 $d_4 = 0,0025$ " | 3 $d_4 = 0,0017$ " |
| $d_5 = 0,008$ " | 2 $d_5 = 0,004$ " | 3 $d_5 = 0,0027$ " |

ad: Produkt aus der Stärke der Glimmerlagen und ihrer Anzahl auf 1 mm rechtwinklig zur Schichtungsfläche.

686. 6. Bezeichnung der wesentlichen und akzessorischen Bestandteile.

| Signatur: | | Signatur: | |
|------------|--------------------------------------------------|-----------|------------------|
| gc_{1-5} | } Glimmerartige Gemeng- teile (s. oben zu 3). | cc | Kalkspat |
| ga_{1-4} | | m | Magneteisen |
| gm_{1-4} | | ko | Kohlige Substanz |
| gk_{1-4} | | ks | Eisenkies |
| q | | o | Eisenoxyd. |
| | Quarz | | |

687. 7. Mengenverhältnis der Nebenbestandteile nach approximativer Bestimmung mittels des Mikroskops.

| Signatur: | | Signatur: | |
|-----------|--------------------|-----------|-----------------|
| 1 | sehr spärlich | 4 | reichlich |
| 2 | spärlich | 5 | sehr reichlich. |
| 3 | ziemlich reichlich | | |

Anmerkung: Bei einiger Übung wird es übrigens unschwer gelingen, den Prozentgehalt an gleichmäßig eingelagerten Nebenbestandteilen nach dem mikroskopischen Bilde schätzungsweise zu bestimmen.

Kapitel 55.

Chemische Zusammensetzung.

1. Dachschiefer-Analysen.

688. Für die nachstehenden Analysen ist nur in vereinzelt Fällen frisches Bruchgestein verwendet worden; vorwaltend wurde dasselbe den Dächern älterer Bauwerke entnommen, weil es bei der Veränderung, welche die Schiefer im Laufe der Zeit erfahren, meistens nicht möglich war, ihre Identität mit dem gegenwärtig geförderten Material der betreffenden Brüche festzustellen. Hierbei ist, je nach dem besonderen Fall, die Probe entweder von den am besten erhaltenen Teilen des Daches oder von den am meisten verwitterten Stellen desselben, stets aber von der Unterseite der Platten entnommen worden. Ein dem Fundort beigefügtes Zeichen (s. die Fußnote auf S. 602) gibt hierüber näheren Aufschluß,

Bei den meisten Proben wurde nur der Auszug durch Salzsäure quantitativ analysiert; bei einer größeren Anzahl derselben jedoch auch der Flußsäure-Aufschluß des Rückstandes.

Anmerkung: Bei den Doppel-Analysen bezieht sich die erstere auf die in HCl löslichen Bestandteile einschl. der durch Zersetzung ausgeschiedenen Kieselsäure, die zweite enthält die Bestandteile des in HF aufgeschlossenen Rückstandes.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitäts- klasse | Durch HCl nicht zersetzbar | CO ₂ | CaO | MgO | K ₂ O, Na ₂ O | Al ₂ O ₃ | FeO | SiO ₂ | S | Glühverlust exkl. CO ₂ und S | C in organischen Verbindungen | Durch HF nicht zersetzbar | Summe |
|----------------|------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------------|------|------------------|------|--------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------|
| 26 | Mosel- und Eifel- brüche, Mayen, Rheinprov. . . . †† | II-(II-III) | 73,84 | 1,36 | 0,97 | 2,22 | — | 4,77 | 5,51 | 7,17 | 0,29 | 4,08 | — | — | 100,47 |
| 27 | Silbach, Sauerld. †† | (II-III)-III | 76,59 | 2,06 | 2,34 | 1,96 | — | 7,07 | 5,82 | 0,29 | 0,27 | 3,90 | — | — | 100,30 |
| 28 | Olpe, Westfalen †† | IV-V | 61,06 | 5,88 | 7,05 | 1,33 | — | 5,82 | 5,24 | 8,55 | 0,92 | 4,48 | — | — | 100,33 |
| 29 | Hüttenrode, Kr. | III-IV | 62,51 | 5,34 | 4,49 | 0,29 | — | 8,30 | 5,28 | 8,67 | 0,43 | 4,53 | — | — | 99,84 |
| 30 | Blankenburg . . . †† | III-IV? | 73,16 | 1,59 | 1,77 | 2,95 | — | 4,68 | 4,93 | 5,98 | 0,15 | 5,03 | — | — | 26,93 |
| | Goslar †† | III-IV? | — | — | — | 1,04 | 5,42 | 12,74 | 1,41 | 51,84 | 0,46 | — | — | 0,71 | 73,16 |
| 31 | Caub a. Rh. . . . † | I, z. T. II-III | 79,76 | 1,59 | 1,77 | 3,99 | 5,42 | 17,42 | 6,34 | 57,82 | 0,61 | 5,03 | — | 0,71 | 100,09 |
| 32 | Silbach bei Neu- astenberg, Kr. | II | 74,92 | 5,18 | 6,47 | 2,19 | — | 2,17 | 2,74 | 2,44 | 0,66 | 3,18 | 0,59 | — | 100,54 |
| | Wittgenstein . . . †† | III | 89,07 | 0,35 | 1,25 | 0,39 | — | 2,37 | 1,36 | 1,18 | 0,22 | 4,51 | — | — | 100,70 |
| 33 | Clotten a. d. Mos. † | III-IV? | 75,57 | 4,23 | 1,65 | 0,52 | — | 4,91 | 5,64 | 3,65 | — | 4,03 | — | — | 24,63 |
| | Gladenbach, Kr. | III-IV? | — | — | — | 0,55 | 4,72 | 17,61 | 1,19 | 50,52 | 0,18 | — | — | 0,98 | 75,57 |
| 34 | Frankenberg . . . †† | III-IV? | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 100,20 |
| | — | — | — | 4,23 | 1,65 | 1,07 | 4,72 | 22,52 | 6,83 | 54,17 | 0,18 | 4,03 | — | 0,98 | 100,20 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------------------------------|------------------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|--------|
| 35 | Raunland, Kreis Wittgenstein . . . † | III-IV, z. T. IV | 70,58 | 2,83 | 1,15 | 2,90 | — | 4,88 | 5,33 | 7,97 | 0,05 | 4,15 | — | — | 99,84 |
| 36 | Clotten a. d. Mos. † | III-IV, z. T. IV | 65,10 | 1,07 | 1,05 | 1,87 | — | 8,81 | 7,01 | 10,61 | 0,22 | 3,92 | — | — | 34,56 |
| | — | — | — | — | — | 0,19 | 3,70 | 11,67 | 0,66 | 47,95 | — | — | — | 0,93 | 65,10 |
| 37 | " †† | III-IV, z. T. IV | 73,16 | 0,33 | 0,62 | 2,06 | 3,70 | 20,48 | 7,67 | 58,56 | 0,22 | 3,92 | — | 0,93 | 99,66 |
| 38 | " *) | III-IV, z. T. IV | 78,06 | 0,56 | 1,70 | 2,38 | — | 4,08 | 7,63 | 6,34 | 0,32 | 5,70 | — | — | 100,56 |
| 39 | Unbekannt . . . † | IV-V | 72,63 | 0,11 | 0,12 | 2,01 | — | 4,24 | 4,78 | 5,48 | 0,07 | 4,23 | 0,51 | — | 101,27 |
| 40 | " †† | V? | 81,25 | 0,17 | — | 2,00 | — | 6,22 | 7,62 | 6,86 | 0,11 | 4,22 | — | — | 99,04 |
| 41 | Fredeburg . . . †† | V | 73,03 | 1,88 | 2,29 | 3,19 | — | 2,58 | 6,18 | 4,19 | 0,03 | 3,41 | — | — | 99,81 |
| 42 | Luxemburg . . . †† | IV? | 72,85 | 1,37 | 1,32 | 1,35 | — | 3,82 | 4,95 | 6,75 | 0,35 | 3,36 | — | — | 99,62 |
| 43 | Fredelar, Arnsb. †† | IV-V | 75,50 | 1,34 | 1,25 | 1,59 | — | 6,08 | 5,77 | 6,51 | 0,27 | 4,39 | — | — | 99,81 |
| 44 | Wildungen bei Wabern *) | III-IV, z. T. IV | 79,97 | 1,92 | 1,69 | 2,40 | — | 4,20 | 4,66 | 6,90 | 0,51 | 3,55 | — | — | 99,50 |
| 45 | Antfeld b. Best- wig, Westfalen †† | IV, z. T. IV-V | 57,60 | 7,28 | 8,59 | 2,52 | — | 8,42 | 3,55 | 7,79 | 0,32 | 3,66 | — | — | 100,74 |
| | — | — | — | — | — | 0,27 | 4,55 | 11,40 | 0,95 | 38,88 | — | — | — | 1,55 | 42,13 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 57,60 |
| 46 | Nuttlar, Westf. †† | V? | 83,19 | 0,06 | — | 2,79 | 4,55 | 19,82 | 4,50 | 46,67 | 0,32 | 3,66 | — | 1,55 | 99,73 |
| 47 | Bestwig b. Nuttl. *) | V | 83,26 | 1,70 | 2,98 | 2,09 | — | 2,23 | 6,09 | 4,03 | 0,02 | 3,65 | — | — | 100,00 |
| 48 | Nuttlar †† | III-IV | 56,80 | 7,64 | 10,16 | 0,79 | — | 1,71 | 2,16 | 2,19 | 0,62 | 3,52 | 0,54 | — | 100,77 |
| 49 | Nassau †† | V | 70,95 | 5,24 | 7,42 | 1,16 | — | 6,57 | 4,64 | 9,25 | 0,50 | 3,65 | — | — | 100,00 |
| 50 | Unbekannt . . . †† | IV-V, z. T. V | 73,67 | 0,13 | — | 1,86 | — | 3,28 | 3,09 | 4,35 | 0,26 | 4,43 | 0,23 | — | 100,41 |
| 51 | Saarburg † | V, z. T. V-VI | 70,35 | 1,06 | 1,08 | 0,31 | — | 7,61 | 6,44 | 7,86 | 0,20 | 5,83 | — | — | 99,53 |
| | — | — | — | — | — | 1,23 | 5,98 | 18,74 | 1,32 | 42,84 | 0,19 | — | — | 0,05 | 30,19 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 70,35 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 100,54 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 100,54 |

*) Frisches Bruchmaterial; †) Dachmaterial von den am besten erhaltenen Stellen; ††) Dachmaterial von den am meisten verwitterten Stellen.

Anmerkung: Bei den Doppel-Analysen bezieht sich die erstere auf die in HCl löslichen Bestandteile einschl. der durch Zersetzung ausgeschiedenen Kieselsäure, die zweite enthält die Bestandteile des in HF aufgeschlossenen Rückstandes.

| Gesteinsnummer | Fundort | Qualitätsklasse | Durch HCl nicht zersetzbar | CO ₂ | CaO | MgO | K ₂ O, Na ₂ O | Al ₂ O ₃ | FeO | SiO ₂ | S | Gehverlust exkl. CO ₂ und S | C in organischen Verbindungen | Durch HF nicht zersetzbar | Summe |
|----------------|------------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------|-------|------|-------------------------------------|--------------------------------|------|------------------|-------|----------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------|
| 52 | Raunland, Kreis Wittgenstein . †) | V? | 75,86 | 7,95 | 8,77 | 0,90 | — | 1,17 | 1,12 | 1,37 | 0,20 | 3,25 | — | — | 100,59 |
| 53 | Fredeburg . *) | IV—V | 74,72 | 5,64 | 5,90 | 2,05 | — | 2,78 | 2,63 | 2,88 | 0,39 | 2,85 | — | — | 99,84 |
| 54 | Unbekannt . ††) | V—VI | 87,67 | 0,23 | 0,24 | 0,62 | — | 1,71 | 2,13 | 2,24 | 0,095 | 4,47 | — | — | 99,45 |
| 55 | " . †) | V—VI | 72,45 | — | — | 1,72 | — | 5,06 | 6,53 | 9,77 | 0,09 | 4,39 | — | — | 100,01 |
| 56 | Sachsen, Bruch unbekannt . †) | V | 65,38 | 5,34 | 6,06 | 2,59 | — | 4,78 | 4,08 | 6,13 | 0,92 | 5,43 | — | — | 100,71 |
| 57 | Berleburg, Kreis Wittgenstein . †) | V—VI | 61,76 | 5,39 | 6,60 | 2,99 | — | 6,36 | 4,89 | 7,29 | 0,869 | 4,83 | — | — | 100,78 |
| 58 | Honerte b. Berleburg, Westf. . †) | IV—(IV—V) II—III? | 73,48 | 0,98 | 1,14 | 1,37 | — | 5,06 | 5,19 | 7,48 | 0,62 | 5,58 | — | — | 100,90 |
| 59 | Im Rupbachtal . ††) | — | 73,80 | 2,05 | 2,30 | 2,49 | — | 4,52 | 5,55 | 5,58 | 0,30 | 3,67 | — | — | 100,26 |
| 60 | Bestwig bei Nuttlar, Westf. ††) | V—VI, z. T. VI | 52,70 | 11,11 | 13,41 | 1,97 | — | 6,36 | 5,08 | 5,83 | 0,20 | 3,28 | — | — | 99,94 |
| 61 | Fell, Rheinprov. *) | V—VI | 71,02 | 2,01 | 1,99 | 1,27 | — | 5,41 | 5,99 | 7,82 | 0,14 | 4,35 | — | — | 100,00 |
| 62 | Wiltingen a. d. Saar | V—(V—VI) | 72,50 | 0,46 | 0,17 | 0,97 | — | 6,28 | 5,77 | 7,78 | 0,06 | 4,94 | 0,44 | — | 99,37 |
| 63 | Holzhausen bei Battenberg . ††) | VI, z. T. VI—VII | 73,26 | 1,92 | 1,83 | 0,23 | — | 6,21 | 4,97 | 5,86 | 0,56 | 5,50 | — | — | 100,34 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|
| 64 | Unbekannt . . †) | I—II? | 86,40 | 1,43 | 0,15 | 1,75 | — | 1,65 | 2,18 | 2,05 | 0,017 | 3,75 | — | — | 99,557 |
| 65 | " . ††) | II—III? | 72,44 | 0,12 | 0,18 | 2,77 | — | 5,65 | 7,68 | 5,85 | — | 5,76 | — | — | 28,01 |
| 66 | " . *) | III? | 72,26 | 0,28 | Sp. | 2,52 | — | 13,68 | 1,22 | 52,44 | 0,296 | — | — | 0,75 | 72,44 |
| 67 | Simmerath, Rheinprov. *) | (I—II)—II IV, z. T. IV—V | 73,77 | 0,88 | 0,65 | 1,39 | — | 19,33 | 8,90 | 58,29 | 0,296 | 5,76 | — | 0,75 | 100,45 |
| 68 | Frankreich . . †) | II? | 69,75 | 0,19 | Sp. | 2,05 | — | 5,56 | 6,21 | 7,00 | 0,07 | 5,38 | — | — | 99,28 |
| 69 | England . . . †) | ? | 81,32 | 0,15 | — | 1,70 | — | 6,69 | 5,98 | 6,11 | 0,02 | 4,87 | 0,43 | — | 100,79 |
| 70 | An der Mosel . *) | ? | 72,31 | 1,95 | 1,28 | 1,74 | — | 6,49 | 7,66 | 7,85 | 0,07 | 5,66 | — | — | 99,72 |
| 71 | Goslar . . . †) | III—IV | 73,90 | 1,23 | 0,97 | 1,67 | — | 2,99 | 5,65 | 4,43 | 0,013 | 3,22 | — | — | 99,47 |
| 72 | Sauerland . . . ††) | ? | 53,04 | 10,40 | 17,76 | 4,21 | — | 4,77 | 6,21 | 7,21 | 0,668 | 4,39 | — | — | 100,53 |
| | | | | | | 1,26 | 3,52 | 2,78 | 2,71 | 0,28 | 0,64 | 8,54 | — | — | 99,47 |
| | | | | | | — | — | 0,76 | 0,76 | 36,15 | 1,389 | — | — | 0,17 | 47,32 |
| | | | 10,40 | 17,76 | 5,47 | 3,52 | 12,57 | 3,47 | 36,43 | 2,029 | 8,54 | — | — | 0,17 | 100,36 |

Culmination.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------------------------------|------------------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|---|------|--------|
| 73 | Unbekannt . . †) | I—II | 69,63 | 0,22 | 0,33 | 0,69 | — | 7,33 | 6,37 | 10,23 | 0,021 | 4,04 | — | — | 98,86 |
| 74 | " . ††) | ? | 80,94 | 0,23 | 0,27 | 2,28 | — | 4,55 | 6,38 | 0,29 | 0,02 | 4,44 | — | — | 99,40 |
| 75 | Troppau . . . ††) | III—IV, z. T. IV | 73,21 | 0,53 | 0,44 | 2,14 | — | 6,41 | 3,92 | 8,91 | 0,29 | 4,37 | — | — | 100,22 |
| 76 | Ober-Lagewnik, Kr. Beuthen . ††) | ? | 65,28 | 3,77 | 4,84 | 1,79 | — | 7,28 | 6,08 | 5,49 | 1,21 | 4,87 | — | — | 35,69 |
| | | | | | | 1,41 | 4,86 | 12,67 | 0,82 | 41,86 | — | — | — | 0,91 | 65,28 |
| 77 | " . *) | (V—VI)—VI | 71,42 | 0,31 | 0,57 | 1,93 | — | 19,95 | 6,90 | 47,35 | 1,21 | 4,87 | — | 0,91 | 100,97 |
| 78 | Österr.-Schlesien ††) | VI? | 73,52 | 0,56 | 1,03 | 2,12 | — | 5,30 | 8,30 | 7,05 | 0,103 | 4,60 | — | — | 99,58 |
| | | | | | | — | — | 5,44 | 4,68 | 7,45 | 0,43 | 4,99 | — | — | 100,22 |

*) Frisches Bruchmaterial; †) Dachmaterial von den am besten erhaltenen Stellen; ††) Dachmaterial von den am meisten verwitterten Stellen.

689. 2. Minimal- und Maximalwerte (Gew.-%) der chemischen Bestandteile in dem Salzsäure-Auszug von Dachschiefern verschiedener Qualitätsklassen.

| Qualitätsklasse (Anzahl der ausgeführten Analysen) | Durch HCl nicht zersetzbar | | CO ₂ | | CaO | | MgO | | Al ₂ O ₃ | | FeO | | SiO ₂ | | S | | Glühverlust exkl. CO ₂ und S | | C | |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------------------|---------|---------|---------|------------------|---------|-------------------------|---------|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|
| | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum |
| IA, IB u. I (6 Anal.) | 55,60 | 78,79 | 1,39 | 11,81 | 0,70 | 13,51 | 1,50 | 6,03 | 1,76 | 6,95 | 2,91 | 6,16 | 3,73 | 12,04 | 0,03 | 0,53 | 3,66 | 4,61 | 0 | 0,98 |
| I—II (2 Anal.) | 71,73 | 86,40 | 1,43 | 4,30 | 0,15 | 6,15 | 1,75 | 3,00 | 1,65 | 5,09 | 2,18 | 2,89 | 2,05 | 3,82 | 0,017 | 0,43 | 3,75 | 4,14 | — | — |
| II (10 Anal.) | 64,25 | 77,12 | 0 | 6,15 | 0 | 5,45 | 0,66 | 3,29 | 3,23 | 7,33 | 2,90 | 6,37 | 3,27 | 10,23 | 0,021 | 0,69 | 2,97 | 5,37 | 0 | 0,48 |
| II—III (5 Anal.) | 72,44 | 79,76 | 0,05 | 3,86 | 0 | 3,49 | 1,21 | 2,77 | 2,87 | 5,65 | 4,52 | 7,68 | 0,32 | 5,85 | 0 | 0,65 | 3,67 | 6,51 | — | — |
| III (5 Anal.) | 69,26 | 79,40 | 0,28 | 4,22 | 0 | 5,01 | 1,37 | 2,81 | 1,91 | 5,71 | 2,54 | 6,21 | 2,38 | 7,17 | 0,07 | 0,64 | 3,91 | 5,38 | 0 | 0,91 |
| III—IV (2 Anal.) | 62,51 | 73,16 | 1,59 | 5,34 | 1,77 | 4,49 | 0,29 | 2,95 | 4,68 | 8,30 | 4,93 | 5,28 | 5,98 | 8,67 | SO ₃ 0,15 | 0,43 | 4,53 | 5,03 | — | — |
| IV (3 Anal.) | 74,92 | 89,07 | 0,35 | 5,18 | 1,25 | 6,47 | 0,39 | 2,19 | 2,17 | 4,91 | 1,36 | 5,64 | 1,18 | 3,65 | 0 | 0,66 | 3,18 | 4,51 | 0 | 0,59 |
| V (10 Anal.) | 57,60 | 81,25 | 0,11 | 7,28 | 0,12 | 8,59 | 1,35 | 3,19 | 2,58 | 8,81 | 3,14 | 7,63 | 3,87 | 10,61 | 0,03 | 0,54 | 3,36 | 5,70 | 0 | 0,51 |
| V—VI (5 Anal.) | 56,80 | 83,26 | 1,34 | 7,64 | 1,25 | 10,16 | 0,79 | 2,09 | 1,71 | 6,57 | 2,16 | 5,24 | 2,19 | 9,25 | 0,26 | 0,92 | 3,52 | 4,48 | 0 | 0,54 |
| VI (11 Anal.) | 64,25 | 87,67 | 0 | 7,95 | 0 | 8,77 | 0,62 | 3,29 | 1,17 | 7,61 | 1,12 | 7,22 | 1,37 | 9,77 | 0,02 | 0,92 | 2,85 | 5,91 | — | — |
| VI—VII (3 Anal.) | 61,76 | 73,48 | 0,31 | 5,39 | 0,57 | 6,60 | 1,37 | 2,99 | 5,06 | 6,36 | 4,89 | 8,30 | 7,05 | 7,48 | 0,109 | 0,869 | 4,60 | 5,58 | — | — |
| VII (5 Anal.) | 71,02 | 73,80 | 0,46 | 11,11 | 0,17 | 13,41 | 0,23 | 2,12 | 5,41 | 6,36 | 4,68 | 5,99 | 5,83 | 7,82 | 0,06 | 0,56 | 3,28 | 5,50 | 0 | 0,44 |

3. Zusammenfassung der Resultate der chemischen Analyse.

690. Das Ergebnis der analytischen Untersuchung läßt sich wie folgt zusammenfassen: Nach ihrer chemischen Zusammensetzung zerfallen die Dachschiefer zunächst in drei Gruppen:

- 1) kalkreiche Schiefer (Kalktonschiefer) mit einem Gehalt von 15 bis 25 % CaCO_3 . Dieselben bilden etwa 14 % der zur Untersuchung eingesandten Proben;
- 2) kalkhaltige Schiefer mit einem Gehalt von 5 bis 10 % CaCO_3 . Dazu gehören c. 28 % der Einsendungen;
- 3) kalkfreie bis kalkarme Schiefer mit einem Gehalt von 0 bis 4 % CaCO_3 . Hierher rechnen ca. 58 % der eingesandten Proben.

691. Es ist eine viel verbreitete Ansicht, daß ein größerer Kalkgehalt die Schiefer leicht verwitterbar macht, und daß man die schlechten Schiefer an ihrer stärkeren Zersetzbarkeit durch Salzsäure zu erkennen vermag. Diese Annahme erweist sich aber in ihrer Allgemeinheit als irrtümlich. Nicht nur, daß von den hier zur Untersuchung gelangten Proben die guten Schiefer meistens kalkreicher sind als die schlechten, zeigen gerade die vorzüglichsten unter den einheimischen Vorkommnissen, nämlich die Schiefer von Nordenau bei Arnberg und einiger anderer Brüche des Sauerlandes, deren Material noch heute die Bedeckung von 500 bis 600 Jahre alten Dächern bildet, den Maximalgehalt an kohlen saurem Kalk (14 bis 25 %). Nur insofern hat die erwähnte Ansicht eine Berechtigung, als unter den Schiefen mit hohem Eisengehalt die kalkreicheren als die schlechteren zu betrachten sind.

692. Der Gehalt an Magnesia schwankt zwischen 1,1 und 7,3 %; er beträgt im Durchschnitt ca. 3 %, wovon der größere Teil durch Salzsäure ausziehbar ist. Die nahe liegende Vermutung, daß die Magnesia in gleicher Weise wie der Kalk lediglich als Karbonat vorhanden sei, wird durch die Tatsache widerlegt, daß in den meisten der ausgeführten Analysen (von über 80 Schiefervorkommnissen) der gefundene Kohlensäuregehalt fast genau auf den Kalkgehalt stimmt. Gewisse Schiefer zeigen unter dem Mikroskop serpentinarartige Einlagerungen, und in solchen Fällen läßt sich der Magnesiagehalt im Salzsäureauszug z. T. auf jenen Bestandteil zurückführen. Andere Vorkommnisse, und namentlich die glimmerreichen, sind völlig frei von serpentinartiger Substanz, und hier entstammt der Überschuß an Magnesia zweifellos dem Glimmer, der keineswegs in so geringem Maße von Salzsäure angreifbar ist, wie es meist in der mineralogischen Literatur angegeben

wird. Selbst der vollkommen frische Biotit von Arendal zersetzt sich, wie festgestellt worden ist, ohne daß es nötig war, ihn fein zu pulvern (die Spaltblättchen wurden nur mit der Schere zerschnitten) bei einstündigem Digerieren mit konzentrierter Salzsäure zu ca. 50%, wobei 11% Magnesia und 23% Tonerde in Lösung gingen. Daraus erklärt sich denn auch z. T. der größere Gehalt an Aluminiumoxyd, den man bei harten, tonarmen, aber glimmerreichen Schiefen in dem Salzsäureauszug findet.

693. Im Durchschnitt enthalten die Tonschiefer ca. 13 bis 26% Aluminiumoxyd, während nur 2 bis 9% in Salzsäure gelöst werden. Der Gehalt an Kieselsäure schwankt zwischen 36 und 64%; der Gehalt an Eisenoxyd bzw. -oxydul zwischen 1 und 9%. Alkalien finden sich nur in dem durch Salzsäure nicht zersetzbaaren Rückstand. Ihr Gehalt schwankt zwischen 0,5 und 6%.

694. Ein besonderer Wert wurde auf möglichst genaue Bestimmung des Gehalts an Eisenkies und Kohlenstoff gelegt. Um ein angemessenes Resultat zu erhalten, wurden ganze Schieferplatten in einem großen Mörser zerstoßen und aus dem gut gemischten Produkt eine Durchschnittsprobe entnommen. Für die Schwefelbestimmung sind ca. 20 g zur Analyse verwendet worden.

Der Gehalt an Eisenkies schwankt von 0,05 bis 3,8%; der Gehalt an Kohlenstoff zwischen 0 und 1%.

695. Um nun die Beziehungen zu erörtern, welche zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Wetterbeständigkeit der Schiefer bestehen, erscheint es zweckmäßig, die klastischen Mineralgemengteile und die sogen. authigenen Bestandteile, die sich im Schiefer selbst gebildet haben bzw. durch Zersetzung darin entstanden sind, gesondert zu betrachten.

Zu den klastischen Bestandteilen gehören: der größte Teil des Quarzes, der tonigen Substanz und des Glimmers. Authigen sind der Kalk, insoweit er in Form von Kalkspat vorhanden ist, derjenige Teil des Quarzes, der in Kristallnadelchen und als Infiltrationsmasse auftritt; ferner der Eisenkies, die zahlreich vorkommenden Rutil-Nadelchen, die kohligen Substanzen, welche aus der Zersetzung der eingeschlossenen organischen Reste entstanden sind, sowie die eingesprengten Kristallkörnchen von Magnet Eisen.

In ihrem Gewichtsverhältnis treten die authigenen Bestandteile gegenüber den klastischen Gemengteilen, abgesehen von dem Kalk- und authigenen Kiesolgehalt, außerordentlich zurück, so daß also das

analytische Resultat im großen und ganzen der Zusammensetzung der klastischen Gemengteile entspricht.

Vergleicht man nun die verschiedenen Qualitätsklassen der Schiefer mit der chemischen Zusammensetzung der wesentlichen Gemengteile, so sind irgend welche konstanten Beziehungen zwischen der Verwitterungsfähigkeit und dem chemischen Bestande nicht aufzufinden.

Folgende kurze Übersicht mag dies erhärten:

Bei den besten Schiefen, also denen der Klassen IA bis I, schwankt der Gehalt an Kieselsäure von 36 bis 64%; bei der schlechtesten, der Klasse VI—VII, von 47 bis 59%; der Tonerdegehalt beträgt bei Klasse I: 12 bis 22%; bei Klasse VI: 15 bis 26%; der Magnesiagehalt bei Klasse I: 1,30 bis 5,47%; bei Klasse VI: 1,07 bis 4,7%; der Alkaligehalt bei Klasse I: 0,53 bis 5,32%; bei Klasse VI: 3,26 bis 5,98%; der Gehalt an kohlensaurem Kalk bei Klasse I: 2,3 bis 25%; bei Klasse VI: 2,1 bis 14,8%. Endlich beträgt der in Salzsäure unlösliche Rückstand bei Klasse I: 52 bis 82%; bei Klasse VI: 64 bis 79%.

696. Wenn in diesen Resultaten keinerlei Gesetzmäßigkeit zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Qualität der Schiefer hervortritt, so ist der Grund hierfür sicherlich nicht in den tatsächlichen Verhältnissen, sondern lediglich in der unzulänglichen Untersuchungsmethode zu suchen.

Es braucht z. B. nur an den tonigen Bestandteil erinnert zu werden, der infolge seiner leichten Erweichbarkeit in Wasser die vom Regen durchfeuchteten Schiefer nicht nur an und für sich mürbe werden läßt, sondern auch der Einwirkung des Frostes in erhöhtem Maße zugänglich macht, um zu erkennen, daß die tonigen Beimengungen zu den durchaus ungünstigsten Bestandteilen gehören müssen. Wenn trotzdem der Tonerdegehalt durchschnittlich bei den guten Schiefen ebenso hoch ist wie bei den schlechten, so ist dies zunächst darauf zurückzuführen, daß der analytisch bestimmte Gehalt an Al_2O_3 nicht nur der tonigen Substanz, sondern auch anderen Gemengteilen, wie namentlich dem Glimmer, entstammt. Die besseren Schiefer sind aber im allgemeinen die glimmerreicheren, und da eine chemische Trennung des aus der Zersetzung des Glimmers stammenden Aluminiumoxyds von dem der Tonsubstanz nicht möglich ist, so erklärt sich hieraus der hohe Tonerdegehalt der besseren Schiefer.

Man könnte daran denken, aus dem Alkali- bzw. Magnesiagehalt die dem Glimmer zukommende Tonerde zu berechnen und von dem Gesamtgehalt abzu-

ziehen, um so einen Anhalt für die Bestimmung der tonigen Substanz in den Schiefen zu gewinnen. Aber die Glimmer sind von so variabler Zusammensetzung, auch hinsichtlich ihres Aluminiumgehaltes, daß alle Versuche nach dieser Richtung resultatlos bleiben müssen.

697. Hierzu kommt jedoch noch eine andere Schwierigkeit für die sachgemäße Deutung der analytischen Resultate.

Die Tonsubstanz verliert bekanntlich ihre für die Haltbarkeit der Gesteine ungünstige Eigenschaft, unter Aufnahme von reichlichem Wasser zu erweichen und demnächst bei Einwirkung des Frostes zu zerfriren, sobald sie stark silifiziert ist.

Gerade bei den Schiefen finden sich aber Kieselinfiltrationen außerordentlich häufig, und zwar bekanntlich z. T. in dem Maße, daß die Tonschiefer in förmliche Kieselschiefer umgewandelt werden. So wird es erklärlich, daß stark silifizierte, tonreiche Schiefer sich wetterbeständig erweisen, während andere, mit beträchtlich geringerem Tongehalt, die aber der Silifizierung entbehren, zu den schlechteren, leicht erweichbaren Schiefen gehören.

Aber auch der Silifizierungsgrad gelangt in dem analytischen Resultat nicht zum Ausdruck, weil die den Schiefen infiltrierte authigene Kieselsäure von der des klastischen Quarzes chemisch nicht zu trennen ist.

Behufs Feststellung aller dieser Verhältnisse, die für die Beurteilung des Gesteins von hervorragender Bedeutung sind, ist man deshalb auf andere Methoden, insbesondere auf die mikroskopische Untersuchung, angewiesen, die auch hier sehr befriedigende Resultate liefert.

698. Bestimmter tritt dagegen die Abhängigkeit der Verwitterbarkeit der Schiefer von dem analytischen Befund an authigenen Gemengteilen hervor.

In Betracht kommen hierbei namentlich Eisenkies und die kohligen Beimengungen.

Der Gehalt an Eisenkies, der in allen Schiefen mehr oder weniger reichlich auftritt, und zwar teils in sehr feiner gleichmäßiger Verteilung, teils in Körnchen und größeren linsenförmigen Konkretionen, beträgt, wie bereits erwähnt, 0,05 bis 3,8%. Bei guten Schiefen schwankt dieser Gehalt zwischen 0,04 und 1%, bei schlechten dagegen von 0,4 bis 3,0%.

Dabei ist jedoch zu bemerken, daß ein Eisenkiesgehalt von 0,5 bis 1% nur dann ohne erheblich ungünstigen Einfluß bleibt, wenn die Schiefer keinen größeren Gehalt an kohlenurem Kalk besitzen oder bei namhaftem Kalkgehalt stark silifiziert sind. Die kalkreichen und

dabei nur schwach silifizierten Schiefer der Qualität I haben sämtlich einen Eisenkiesgehalt unter 0,4%.

Wie der Eisenkies, so gehören auch die kohligten Substanzen zu den ungünstigsten Bestandteilen der Schiefer, und zwar namentlich wegen der stark hygroskopischen Eigenschaft, die sie dem Material verleihen. Der Gehalt an Kohlenstoff schwankt zwischen 0,1 und 1%. Bei guten Schiefen geht er nicht über 0,3% hinaus.

Vielfach bedingt die kohlige Substanz die dunkle Färbung der Schiefer; keineswegs aber ist dies immer der Fall, vielmehr kommen sehr dunkle Schiefer vor, welche nur einen minimalen Gehalt an Kohlenstoff, dagegen sehr reichlich fein verteiltes Magneteisen enthalten, während gewisse blaugraue Schiefer ihre Färbung einer geringen Menge sehr fein verteilten Eisenkieses verdanken.

699. Im allgemeinen hat die chemische Untersuchung der Schiefer aufs neue die bereits an anderer Stelle hervorgehobene Erfahrung bestätigt, daß man die Qualität des Gesteins nicht nach einzelnen, als günstig oder ungünstig erachteten Bestandteilen zu bestimmen vermag.

Denn es können solche Bestandteile, welche bei bestimmter Gesteinsbildung höchst ungünstig wirken, in anderen Fällen so vollständig durch die Gegenwart gewisser Bestandteile neutralisiert werden, daß sie für die Beurteilung der Qualität des Gesteins zum Teil oder auch vollständig außer Betracht fallen.

700. Wird die Verwitterungsrinde der Schiefer, die in der Farbe meist gebleicht erscheint, im übrigen weich und blättrig geworden ist, einer Analyse unterworfen und deren Ergebnis mit der Zusammensetzung der unteren, noch frischen Partien an derselben Schieferplatte verglichen, so ergibt sich, daß die chemischen Veränderungen im wesentlichen in der Einwirkung des zersetzten Eisenkieses auf den Kalk- und Tongehalt der Schiefer beruhen. Die Verwitterungsrinde erweist sich stets beträchtlich ärmer an Eisenkies, dagegen reicher an Sulfaten als der frische Schiefer. Vermindert ist ferner in der äußeren Rinde der Gehalt an Kohlensäure, an Kalk und Tonerde; größer dagegen der Glühverlust. Dieses Ergebnis beruht auf folgendem Vorgang: Durch Zersetzung des Eisenkieses wird sowohl der kohlen saure Kalk wie auch die Tonsubstanz angegriffen; es bildet sich Gips und Aluminiumsulfat, die beide ausgelaugt werden. Bei schlechten Schiefen mit weicher Tonsubstanz wird ein Teil derselben wohl auch ohne weiteres im Laufe der Zeit ausgeschlämmt.

Untersucht man die verwitterten Schiefer mikroskopisch, so erkennt man, daß die Bestandsmasse zwischen den Glimmerlagen stets

stark aufgelockert ist, während die Glimmerlagen selbst entweder nahezu intakt oder ebenfalls beträchtlich aufgeblättert sind. Die verschiedenen Modalitäten dieses Prozesses finden ihre Erklärung vornehmlich in den abweichenden Strukturverhältnissen der Schiefer (s. Fig. 321 bis 331 S. 595 u. f.).

Kapitel 56.

Die äußeren Verwitterungserscheinungen der Dachschiefer und die Klassifikation derselben nach Maßgabe ihres Wetterbeständigkeitsgrades.

701. Die Verwitterung der Dachschiefer beginnt in der Regel mit einer Farbenänderung. Namentlich ist dies bei den schwärzlichen Schiefen der Fall, die allmählich hellgrau oder bei starkem Eisenkiesgehalt gelblich bis bräunlich grau werden, während die roten und grünen Schiefer, falls sie frei von Eisenkies sind, sich meistens als farbenbeständig erweisen. Das Ausbleichen der schwarzen bis grauschwarzen Schiefer beruht auf einer Oxydation der darin enthaltenen organischen Kohlenstoffverbindungen, und deshalb sind auch diejenigen Abänderungen, deren Färbung durch Graphit oder Magneteisen bewirkt wird, am farbenbeständigsten.

Gleichzeitig mit dem Ausbleichen der Schiefer verändert sich meistens ihre Härte, und schließlich werden sie in mehr oder minder beträchtlichem Maße blättrig. Dabei tritt entweder eine feinere Abschliffung oder ein Abblättern in größeren Lamellen auf, während in anderen Fällen die ganze Tafel schichtenförmig aufblättert, so daß das Volumen sich beträchtlich vergrößert. Zum Teil sind die aufgeblätterten Lamellen papierdünn, und solche Schiefer werden so weich, daß man selbst stärkere Platten leicht mit einer Nadel durchstechen kann. Enthält der Schiefer Eisenkies in größeren Einsprenglingen, so sieht man die erwähnte Veränderung rings um die Kieseinlagerung herum stattfinden; der Schiefer bekommt helle Flecken und blättert an den betreffenden Stellen blasig auf.

Ein sehr beträchtlicher Teil der schlechten Schiefer zeigt aber keine von diesen Erscheinungen; dagegen zerspringen dieselben, ohne

daß eine Spur von Verwitterungsrinde sich bildet, schon nach wenigen Jahren, und zwar entweder parallel zur Schichtungsfläche oder quer zu derselben. Quersprünge nach gradlinigen Richtungen weisen solche Materialien auf, welche eine versteckte, transversale Schieferung besitzen.

Diese, im allgemeinen der Frostwirkung zuzuschreibende Verwitterungsform zeigt sich naturgemäß am stärksten auf der Wetterseite der Dächer. Gewisse Schiefer, die in der Praxis „Sonnenbrenner“ genannt werden, zerspringen dagegen vorzugsweise während des Sommers, und zwar auf der Südseite der Dächer. Wärme und Frost üben hier also eine gleichartige Wirkung aus.

702. Was die Beständigkeitsdauer der Dachschiefer betrifft, so ist dieselbe infolge der schiefrigen Struktur des Materials, der Verwendung desselben in dünnen Platten und zu den der Verwitterung am meisten ausgesetzten Gebäudeteilen ungleich geringer als die der übrigen Bausteine. Von den für die vorliegenden Untersuchungen zur Einsendung gelangten 99 Dachschiefervorkommnissen entsprachen kaum 10% den Anforderungen, die an gute Schiefer gestellt werden müssen, nämlich, daß sie eine Haltbarkeit von etwa 200 Jahren und darüber aufweisen; ca. 36% waren nach 100 bis 150 Jahren, ca. 22% nach 50 bis 80 Jahren bereits stark verwittert, und der Rest, also 32%, mußte schon nach wenigen Jahren durch neues Material ersetzt werden. Eine ausnahmsweise Haltbarkeit zeigten die Schiefer von Thomm bei Trier und diejenigen von Nordenau bei Arnsberg, welche sich auf 630 bzw. 310 Jahre alten Dächern noch in ziemlich brauchbarem Zustande befanden, wenngleich sie im Laufe der Zeit außerordentlich weich und blättrig geworden waren.

Da sich nach dem Vorstehenden die Dachschiefer weder hinsichtlich ihrer Verwitterungserscheinungen, noch in betreff des Fortschreitens derselben in die Qualitätsklassen der übrigen natürlichen Bausteine einreihen lassen, so ergab sich die Notwendigkeit, für dieses Gesteinsmaterial eine besondere Klassifikationstabelle aufzustellen.

703.

Tabelle zur Klassifikation nach Maßgabe des zeitlichen Fortschreitens

| Verwitterungsgrad | Verwitterungserscheinung | Alter der | | | | | |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 650 J. | 550 J. | 450 J. | 350 J. | 250 J. | 150 J. |
| | | Beständig- | | | | | |
| 1 | Geringe Farbenänderung ohne namhafte Verminderung der Festigkeit bezw. Härte | — | — | — | — | — | IA |
| 2 | Mehr oder weniger beträchtliche Ausbleichung der Farbe, bei geringer Verminderung der Festigkeit bezw. Härte an der Oberfläche | — | — | — | — | IA | IB |
| 3 | Ziemlich beträchtl. Festigkeits- bezw. Härteverminderung bis auf 1 mm Tiefe oder geringe Abschilferung an der Oberfläche | — | — | — | IA | IB | I |
| 4 | Beträchtliche Festigkeits- bezw. Härteverminderung bis auf 2 mm Tiefe oder beträchtliche Abschilferung in kleinen Lamellen | — | — | IA | IB | I | I—II |
| 5 | Starke Festigkeits- bezw. Härteverminderung bis auf 3 mm Tiefe oder beträchtliche oberflächliche Abblätterung, bezw. beginnende Aufblätterung der Schieferplatten | — | IA | IB | I | I—II | II |
| 6 | Sehr starke Zermürbung bis auf 3 mm Tiefe oder starke oberflächliche Abblätterung, bezw. beträchtliche Aufblätterung der Schieferplatten | IA | IB | I | I—II | II | II—III |
| 7a | Vollständige Zermürbung bezw. Aufblätterung der ganzen Schieferplatte | IB | I | I—II | II | II—III | III |
| 7b | Zerspringen der Schieferplatte durch Frost oder Sonnenwärme bei mehr oder minder beträchtlicher Oberflächenverwitterung | — | — | — | — | — | — |

der Dachschiefer ihrer Verwitterung an altem Dachmaterial.

| Dacheindeckung | | | | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 100 J. | 80 J. | 60 J. | 40 J. | 25 J. | 15 J. | 10 J. | 5 J. |
| keitsklasse: | | | | | | | |
| IB | I | I—II | II | II—III | ? | ? | ? |
| I | I—II | II | II—III | III | III—IV | IV | IV—V |
| I—II | II | II—III | III | III—IV | IV | IV—V | V |
| II | II—III | III | III—IV | IV | IV—V | V | V—VI |
| II—III | III | III—IV | IV | IV—V | V | V—VI | VI |
| III | III—IV | IV | IV—V | V | V—VI | VI | VI—VII |
| III—IV | IV | IV—V | V | V—VI | VI | VI—VII | VII |
| — | — | — | V | V—VI | VI | VI—VII | VII |

Kapitel 57.

Spezielle Prüfungsmethoden.

A. Mikroskopische Bestimmung der Strukturverhältnisse.

704. Die mikroskopische Untersuchung der Dachschiefer bezweckt die Feststellung der Textur- und Strukturverhältnisse der Glimmerlagen und der zwischen ihnen eingeschlossenen übrigen Gemengteile. Den sichersten Aufschluß hierüber geben die Dünnschliffe rechtwinklig zur Schichtung, aber auch die Schliffe parallel zur Schichtung tragen mitunter zur Ergänzung des Strukturbildes bei.

Namentlich handelt es sich darum, festzustellen, ob die Glimmerlagen kontinuierlich ausgebildet sind, ob der Glimmer ganz oder teilweise durch Serizit oder Chlorit ersetzt ist, ob sich zwischen diesen lamellaren Bestandteilen Magnet Eisen oder kohlige Substanzen eingelagert finden und endlich, ob Kalzit und Eisenkies in mehr oder weniger beträchtlicher Menge vorhanden sind.

Alles Nähere über die betreffenden Ausbildungsformen siehe in Abs. 678—679 S. 594 u. f.

B. Die Prüfung der Härte und ihrer Verminderung durch Wassereinwirkung (Erweichungskoeffizient).

705. Die Methode zur Bestimmung der Kornbindungsfestigkeit, wie sie für Sandsteine und Kalksteine zweckdienlich erschien, ist für die Untersuchung der Dachschiefer aus folgenden Gründen nicht verwendbar. Zerrißt man die Probestücke in Richtung der Schieferungsebene, dann erhält man einen derartig ausgezackten Bruch, daß die Zerreißungsfläche nicht meßbar ist; werden dagegen die Probestücke rechtwinklig zur Schieferungsebene geschnitten, damit die Trennung nach dieser erfolgt, dann wird durch die Prüfung im wesentlichen der Zusammenhang der Glimmerlamellen, nicht aber die Bindungsfestigkeit der körnigen Bestandteile festgestellt.

Da jedoch der Zusammenhang der letzteren vorzugsweise durch die tonige bzw. kalkige Zwischenmasse vermittelt wird und diese eine um so größere Festigkeit und zugleich Härte erlangt, je stärker sie silifiziert ist, so liefert in diesem Falle die Härteprüfung einen willkommenen Ersatz für die Zugfestigkeitsbestimmung.

Zur Ausführung dieser Untersuchung bedient man sich des in Kap. 7 S. 83 u. f. näher beschriebenen Sklerometers und bestimmt an den bei 60° C getrockneten Schiefen das Belastungsgewicht, bei welchem ein deutliches Eindringen der Spitze mit der Lupe zu beobachten ist. Dieses Gewicht in Gramm ergibt die Härtezahl.

Das Auszählen der Striche geschieht, nachdem die Oberfläche der Probe mit einer weichen Bürste abgestäubt worden ist.

In gleicher Weise wird die Erweichbarkeit der Schiefer nach zweiwöchiger Wasserlagerung festgestellt und der Erweichungskoeffizient η durch den Quotienten $\frac{h_w}{h_t}$ ausgedrückt, in welchem h_t die Härte der trockenen, h_w die der wassergelagerten Probe bedeutet.

Die Striche treten erst nach dem Abtrocknen der Oberfläche deutlich hervor.

Bei einer größeren Anzahl untersuchter Dachschiefer schwankte η zwischen 1 und 0,17, wie dies aus der nachstehenden Beobachtungstabelle (S. 619) ersichtlich ist.

Anmerkung. Da die Schärfe der Diamantspitze von erheblichem Einfluß auf das Prüfungsergebnis ist, so erscheint es erforderlich, an jedem Sklerometer zunächst das Belastungsgewicht der Spitze für die Minimaleindringung in eine Normalsubstanz festzustellen, um danach den Reduktionsfaktor für die mit dem betreffenden Instrument erzielten Resultate zu bestimmen. Zu diesen Versuchen verwendet man am besten ein Mineral, von dem sich ebenflächige Lamellen abspalten lassen, z. B. Kaliglimmer vom Ural oder Kalkspat von Island. Die zu den Dachschiefer-Untersuchungen benutzte Sklerometerspitze ergab für den genannten Glimmer eine Härte = 3, für den Kalkspat = 5.

C. Die Bestimmung der Porositätsverhältnisse und die Frostprüfung.

706. Die Feststellung der Porosität und Wasseraufsaugung des Dachschiefers geschieht nach dem in Abs. 198—207 S. 107 u. f. beschriebenen Verfahren. An Stelle der in Abs. 199 angegebenen Tetmajerschen Methode empfiehlt es sich jedoch für die Dachschieferprüfung, den Rauminhalt des mit Paraffin überzogenen Probestückes durch das Gewicht des verdrängten Wassers zu bestimmen.

Um zu untersuchen, in welchem Grade die Dichtigkeit der Glimmerlagen bezw. die der übrigen Schieferbestandteile die Platten vor dem Eindringen des Wassers von der Oberfläche her zu schützen vermag, ist folgendes Verfahren zur Anwendung gelangt.

Ein annähernd quadratisches Schieferstück von ca. 9 cm Kantenlänge und der gewöhnlichen Plattenstärke wird bei 60° C getrocknet

| Fundort des Dachschiefers | Minimales Belastungsgewicht der eindringenden Spitze in Gramm | | Erweichungskoeffizient $\eta = \frac{h_w}{h_t}$ |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| | Schiefer in trockenem Zustande h_t | Nach 16stündiger Wassersättigung h_w | |
| 1. Sauerland B. | 2 | 2 | 1 |
| 2. Rupbachtal (Hessen-Nassau) B. | 3,5 | 3 | 0,86 |
| 3. Siegen (Westfalen) „Hornschiefer“ B. | 2,5 | 2 | 0,80 |
| 4. Nuttlar (Westfalen) B. | 4 | 3 | 0,75 |
| 5. Viel-Salm (Belgien) B. | 4 | 3 | 0,75 |
| 6. Dorfteschen bei Troppau (Österreich) B. | 3,5 | 2,5 | 0,71 |
| 7. Mühlenbach (Rheinland) B. | 3 | 2 | 0,67 |
| 8. Wildungen (Waldeck) B. | 3 | 2 | 0,67 |
| 9. Thomm bei Trier B. | 4,5 | 3 | 0,67 |
| 10. Mayen (Rheinland) B. | 3 | 2 | 0,67 |
| 11. Antfeld oder Nuttlar? (Westfalen) B. | 3 | 2 | 0,67 |
| 12. Bestwig (Westfalen) G. | 3 | 2 | 0,67 |
| 13. Antfeld (Westfalen) B. | 5 | 3 | 0,60 |
| 14. Desgleichen B. | 5 | 3 | 0,60 |
| 15. Goslar am Harz B. | 3,5 | 2 | 0,57 |
| 16. Nassau (Bruchort unbekannt) B. | 3,5 | 2 | 0,57 |
| 17. Troppau (Österreich) B. | 3,5 | 2 | 0,57 |
| 18. Viel-Salm (Belgien) G. | 3 | 1,5 | 0,5 |
| 19. Mosel-Brüche (Rheinland) G. | 3 | 1,5 | 0,5 |
| 20. Recht (Rheinland) B. | 4 | 2 | 0,5 |
| 21. Simmerath (Rheinland) | 4 | 2 | 0,5 |
| 22. Clotten a. d. Mosel G. | 2 | 1 | 0,5 |
| 23. Fell (Rheinland) B. | 4 | 2 | 0,5 |
| 24. Clotten a. d. Mosel B. | 2,5 | 1 | 0,4 |
| 25. Caub (Rheinland) B. | 5 | 2 | 0,4 |
| 26. Nuttlar (Westfalen) G. | 2,5 | 1 | 0,4 |
| 27. England (Bruchort unbekannt) G. | 4 | 1,5 | 0,38 |
| 28. Raumland (Westfalen) B. | 4 | 1,5 | 0,38 |
| 29. Rheinland (Bruchort unbekannt) G. | 3 | 1 | 0,33 |
| 30. Wiltingen (Rheinland) B. | 3 | 1 | 0,33 |
| 31. Silbach bei Neustenberg (Westfalen) B. | 3 | 1 | 0,33 |
| 32. Rheinland (Bruchort unbekannt) G. | 3,5 | 2 | 0,33 |
| 33. England (Bruchort unbekannt) G. | 3,5 | 1 | 0,29 |
| 34. Rheinland (Bruchort unbekannt) G. | 4 | 1 | 0,25 |
| 35. Rupbachtal (Hessen-Nassau) G. | 4 | 1 | 0,25 |
| 36. Hüttenrode (Braunschweig) B. | 5 | 1 | 0,2 |
| 37. Caub a. Rhein G. | 4,5 | 0,75 | 0,17 |

und genau ausgewogen. Alsdann spannt man dasselbe in den Fig. 332 dargestellten Apparat ein¹⁾, füllt den Zylinder mit Wasser und bedeckt das Ganze mit einer Glasglocke, um das Verdunsten des in den Schiefer eingedrungenen Wassers tunlichst einzuschränken. Nach 24 Stunden wird das Wasser aus dem Zylinder entfernt, die aus dem Apparat genommene Schieferplatte oberflächlich gut abgetrocknet und wiederum gewogen. Das durch die Differenz beider Wägungen festgestellte Gewicht des eingedrungenen Wassers wird auf 1 qcm Aufsaugungsfläche reduziert und, in Grammen ausgedrückt, als Flächen-Aufsaugungskoeffizient mit W_a bezeichnet.

Bei den hier untersuchten Schiefnern schwankt der Wert von W_a zwischen 0,027 und 1,376. Er beträgt für die besten Schiefer mit kontinuierlichen Glimmerlagen 0,027 bis 0,12, für Schiefer mit unvollkommen zusammenhängenden Glimmerlagen 0,35 bis 0,62 und für ganz schlechte Schiefer mit getrennten Glimmerlagen 0,84 bis 1,376.

Anmerkung. Derartige Bestimmungen lassen sich auch ohne Apparat in folgender Weise ausführen. Ein Stück Dachschiefer von 35 bis 40 qcm wird ringsum am Querbruch sorgfältig mit Asphaltlack überzogen, so daß eine Wassereindringung nur von der Schieferungsfläche her stattfinden kann. Alsdann wird

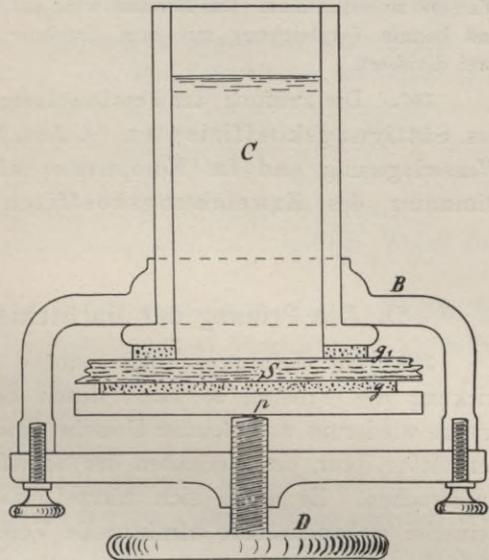


Fig. 332.

¹⁾ Der im Maßstabe von 1:2 gezeichnete Apparat besteht aus einem gläsernen Zylinder *C* mit abgeschliffenem Rand, dem Messingbügel *B*, der Messingplatte *p*, der Druckschraube *D*, der Gummiplatte *g* und dem Gummiring *g₁*. Bei der Zusammenstellung des Apparates empfiehlt es sich, denselben umzukehren (Druckschraube *D* nach oben). Alsdann legt man den Gummiring *g₁* auf den befeuchteten Zylinderrand, schiebt das Schieferstück *S* vorsichtig darauf, bedeckt dasselbe zunächst mit der Gummiplatte *g* und diese mit der Messingplatte *p* und zieht die Druckschraube *D* mäßig an. Nunmehr wird der Apparat auf den tellerförmigen Schraubenkopf *D* gestellt und der Zylinder mit destilliertem Wasser gefüllt.

die Probe auf ein Blatt Papier gelegt, der Umriß genau nachgezeichnet und der Flächeninhalt mittels eines Planimeters ausgemessen. Nunmehr wird die Platte im Exsikkator getrocknet (ein Erhitzen ist wegen Erweichung des Asphaltlacks unzulässig), genau ausgewogen, 24 Stunden in Wasser gestellt, oberflächlich gut abgetrocknet und wiederum gewogen, um so die Menge des aufgenommenen Wassers zu bestimmen. Das Resultat wird auf 1 qcm Aufsaugungsfläche reduziert und behufs Vergleichung mit dem Ergebnis der obigen Untersuchung durch zwei dividiert.

707. Die Prüfung der **Frostbeständigkeit** erfolgt durch Feststellung des Sättigungskoeffizienten (s. Abs. 317 S. 203) nach 3stündiger Wasserlagerung und im Kompressor bei 150 Atm. sowie durch Bestimmung des Erweichungskoeffizienten nach Abs. 705 S. 617.

D. Die Prüfung der Dachschiefer durch Erhitzen.

708. Die Erfahrung, daß manche Schiefer, wie unter der Einwirkung des Frostes, so auch durch Sonnenbestrahlung zerspringen, andere wiederum aus gleicher Ursache eine feine Abschilferung erfahren, veranlaßte dazu, das Verhalten der Schiefer bei höherer Temperatur zu untersuchen. Es ergab sich hierbei, daß die besseren Schiefersorten keinerlei wahrnehmbare strukturelle Veränderungen erleiden, während viele der schlechteren Sorten eine mehr oder weniger beträchtliche Abblätterung zeigten.

Die letztere Erscheinung läßt sich in folgender Weise erklären. Fast alle Schiefer erleiden beim Erhitzen eine Farbenänderung, sie werden mehr oder weniger stark rot gefärbt, und zwar durch Umänderung der Eisenoxydulverbindungen bezw. des Eisenbisulfids in Eisenoxyd. Überdies bleichen die kohligten Schiefer aus, so daß die ursprünglich dunkelgraue bis schwarze Farbe in grau oder rötlichgrau übergeht, während die durch Magneteisen schwarz gefärbten Abänderungen entweder unverändert bleiben oder rötlichbraunschwarz erscheinen. Die hierbei stattfindenden Umwandlungen entsprechen im wesentlichen den Veränderungen, welche die Schiefer im Laufe der Zeit durch den oxydierenden Einfluß der Atmosphärien erleiden. In beiden Fällen wird durch die Zersetzung der eisenhaltigen und kohligten Bestandteile, welche zwischen den Glimmerlamellen eingelagert sind, der Zusammenhang der letzteren gelockert, bis dann durch die Wärmewirkung die Abblätterung erfolgt.

Eine ähnliche Lockerung des Gefüges wird aber auch lediglich dadurch hervorgerufen werden können, daß die Glimmerlagen eine verschiedene Ausdehnung parallel und rechtwinklig zur Spaltungsrichtung erfahren, und zwar sowohl infolge ungleicher Ausdehnung durch vielfach sich wiederholende Sonnenbestrahlung als auch durch einmalige starke Erhitzung. In gleicher Weise wird ein Zerspringen der Schiefertafeln eintreten können, wenn die Strukturverhältnisse innerhalb derselben von sehr ungleicher Art sind.

709. Es darf wohl angenommen werden, daß solche Schiefer, welche selbst bei starkem Erhitzen und trotz der chemischen Veränderung der eisenhaltigen und kohligen Bestandteile keine Abblätterungen erfahren und durch Wärmewirkung nicht zerspringen, dieses Verhalten auch unter dem Einfluß der Atmosphärlinien und der wechselnden Sonnenbestrahlung bewahren werden, während man aus der bei starker Erhitzung auftretenden Abblätterung bezw. dem Zerspringen der Platte ohne weiteres nicht mit Sicherheit auf dasselbe Verhalten des Materials unter der ungleich geringfügigeren, wenn auch sehr häufig wiederholten Wirkung der Atmosphärlinien schließen darf, wenngleich die bisher ausgeführten Versuche auch diese Schlußfolgerung zu rechtfertigen scheinen.

710. Die betreffende Untersuchung wird in folgender Weise ausgeführt:

- a) eine größere Menge kleiner Schieferstückchen wird zunächst im Porzellantiegel über der Gasflamme so lange erhitzt, bis keine Entwicklung von schwefliger Säure mehr wahrnehmbar ist, und dann die Erhitzung im Platintiegel bei dunkler Rotglut desselben $\frac{1}{2}$ Stunde fortgesetzt;
- b) eine ganze Dachschieferplatte wird auf einer starken Eisenplatte von gleicher Größe durch darunter gleichmäßig verteilte Gasflammen bis auf 160° C erhitzt und bei dieser Temperatur $\frac{1}{2}$ Stunde lang erhalten.

E. Chemische Untersuchung der Dachschiefer.

711. Bei der chemischen Untersuchung der Dachschiefer handelt es sich vorzugsweise um die quantitative Bestimmung folgender Bestandteile:

1. kohlen saure Verbindungen;
2. in Salzsäure zersetzbare Silikate;
3. Eisenoxyd;
4. Eisenkies;
5. Kohlenstoff in organischen Verbindungen.

Es empfiehlt sich deshalb die Anwendung folgender analytischer Methode:

ca. 150 g des Schiefers, in Bruckstücken von verschiedenen Stellen der Platte entnommen, werden in einem großen Bronzemörser zerstoßen, durch Gaze gesiebt, gut durchgemischt und bei 80° C getrocknet. Von dieser Durchschnittsprobe werden verwendet: ca. 1 g zur Aufschließung mit Salzsäure und die gleiche Menge zur Bestimmung des Glühverlustes; 1,5 bis 3 g zur Ermittlung der Kohlensäure und des Gehalts an Kohlenstoff und 20 g zur Schwefelbestimmung.

1. Aufschluß mittels Salzsäure.

712. ca. 1 g der fein zerriebenen Probe wird mit etwa 100 ccm konz. Salzsäure (vom spez. Gew. 1,105) unter häufigem Umrühren 1 Stunde auf dem Wasserbade erwärmt. Nach dem Filtrieren wird der Rückstand mit heißem Wasser ausgewaschen, gegläht und gewogen; das Filtrat wird auf dem Wasserbade völlig zur Trockne eingedampft, der Rückstand mit verdünnter Salzsäure aufgenommen, die abgeschiedene Kieselsäure abfiltriert und die Analyse im übrigen wie üblich weitergeführt. Bestimmt werden Kalk, Magnesia, Tonerde, Eisenoxyd, Eisenoxydul.

Tonerde und Eisen werden zusammen gefällt und gewogen, das Eisen wird titriert und der Tonerdegehalt aus der Differenz bestimmt.

2. Bestimmung des Gehalts an Kohlensäure und des Kohlenstoffs in kohligen Beimengungen.

713. Zur Untersuchung werden, je nach dem Gehalt an CO_2 bzw. C, ca. 1,5 bis 3 g der feinerriebenen Schieferprobe verwendet. Die Kohlensäurebestimmung geschieht auf die übliche Weise mittels des Finkenerschen Apparates.

Nach Beendigung des Versuches und Wägung des Kaliapparates wird die Bestimmung des Kohlenstoffgehalts in folgender Weise ausgeführt:

Bei zusammengesetztem Apparate werden ca. 3 g reinsten Chromtrioxydes mit möglichst wenig Wasser durch das Trichterrohr in den Kolben gespült, hierauf 40 ccm konzentrierter Schwefelsäure vorsichtig und allmählich hinzugegeben und die Gasentwicklung durch mäßiges Erwärmen unterstützt. Die gefundene Kohlensäuremenge ist auf Kohlenstoff zu berechnen.

3. Schwefelbestimmung.

714. 20 g einer Durchschnittsprobe des Schieferpulvers werden 1 Stunde auf dem Sandbade mit ca. 150 ccm konzentrierter Salpetersäure gekocht, dann auf ca. 500 ccm verdünnt, unter Umrühren auf dem Wasserbade 1 Stunde erwärmt, abfiltriert und in der Siedehitze mit verdünnter Chlorbaryumlösung gefällt. Die gefundene Schwefelmenge wird auf Eisenkies (FeS_2) berechnet.

Ist durch den qualitativen Vorversuch festgestellt, daß sich durch Verwitterung des Eisenkieses bereits Sulfate gebildet haben, so ist der Gehalt an Schwefelsäure durch Auskochen der Probe mit Wasser und Fällung mittels Chlorbaryum zu bestimmen. Die hierdurch sich ergebende Schwefelmenge ist bei der vorgedachten Berechnung des Eisenkiesgehalts in Abzug zu bringen.

4. Aufschließung des in HCl unlöslichen Rückstandes mittels Flußsäure.

715. Handelt es sich um eine eingehendere analytische Untersuchung des Schiefers, wie sie z. B. bei Vergleichung der Verwitterungsrinde mit den noch frischen Teilen der unteren Seite der Platten angezeigt ist, so wird nach folgender Methode verfahren:

Von etwa 10 g der mit dem Hammer zerkleinerten und gut gemischten Probe werden ca. 1,5 g fein gepulvert und mit 150 ccm konzentrierter Salzsäure 1 Stunde auf dem Wasserbade digeriert; der Rückstand wird mit Flußsäure abgeschlossen, die Lösung unter Zusatz von etwas Schwefelsäure verdampft, bis

keine Flußsäure mehr entweicht; dann stärker erhitzt, bis auch der größte Teil der freien Schwefelsäure entfernt ist, und der Rückstand mit Wasser aufgenommen. Die Lösung, welche nunmehr die Sulfate von Tonerde, Eisen, Kalk, Magnesia und die der Alkalien enthält, wird des weiteren in üblicher Weise untersucht.

Anmerkung. Beim Auswaschen des in Salzsäure unlöslichen Rückstandes auf dem Filter geht das Waschwasser gewöhnlich trübe hindurch. Dies wird vermieden, wenn mit warmer verdünnter Salzsäure gowaschen wird.

Infolge der im Verhältnis zur Magnesia großen Menge von Tonerde kann bei der Fällung mit Ammoniak auch ein Teil der Magnesia mit ausfallen. Es ist daher auf die Anwesenheit einer größeren Menge von Chlorammonium, auf genügende Verdünnung und auf mehrmaliges Aufkochen nach der Fällung zu achten.

Kapitel 58.

Die systematische Ausführung der Prüfung.

716. Die Beschreibung der Dachschiefer, behufs Identifizierung des untersuchten Materials bei seiner praktischen Verwendung, hat folgende Eigenschaften zu berücksichtigen, soweit sich dieselben nach ihrer äußeren Erscheinungsweise, ev. mit Hilfe der Lupe, feststellen lassen:

1. Farbe; 2. Färbungsmittel; 3. Grad und Ausbildung der Schieferung (dünn- bis dickschiefrig; ebenflächig, uneben oder gefaltet; parallel oder transversal zur Schichtung); 4. Mengenverhältnisse der lamellaren Bestandteile zur körnigen Bestandmasse (glimmerreich bis glimmerarm); 5. Art des Glanzes der Schichtfläche (seidenglänzend bis matt); 6. Näherungsweise Härtegrad (sehr hart, hart, mittelfest bis weich); 7. Gehalt an Eisenkies.

717. Für die eigentliche Prüfung kommt die Bestimmung folgender Eigenschaften in Betracht:

1. Die Härte in trockenem Zustande und nach längerer Wasserlagerung (Bestimmung durch das Sklerometer s. Abs. 705. S. 617);
2. Der Porositätsgrad und die Wasseraufnahme (s. Abs. 706 S. 618).
 - a) Absolute Porosität;
 - b) Relative Porosität;
 - c) Sättigungskoeffizient;
 - d) Wasseraufnahme von der Schichtfläche;

3. Die Mikrostruktur (s. Abs. 678—679 S. 594 u. f.):
 - a) Kontinuitätsgrad der Glimmerlagen;
 - b) Zusammenhang derselben untereinander;
 - c) Stärke der Glimmerlagen;
 - d) Produkt aus der Stärke der Glimmerlagen und ihrer Anzahl auf 1 mm rechtwinklig zur Schichtfläche;
 - e) Textur und mineralogische Beschaffenheit des Glimmers bzw. des Serizits oder Chlorits;
 - f) Gehalt an Magneteisen bzw. an kohligen Substanzen innerhalb der Glimmerlagen;
 - g) Mineralogische Beschaffenheit der Bestandmasse zwischen den Glimmerlagen (quarzitisch, tonig, kalzitisch);
4. Gehalt an Eisenkies und kohlen saurem Kalk (Bestimmung mittels des Mikroskops und durch chemische Untersuchung s. Abs. 713—714 S. 623);
5. Das Verhalten beim Erhitzen (Farbenänderung, Zerspringen s. Abs. 708—710 S. 621 u. f.);
6. Die Frostbeständigkeit:
 - a) Theoretische Frostprüfung, durch Bestimmung des Sättigungskoeffizienten nach Abs. 327 S. 220;
 - b) Experimentelle Frostprüfung, durch wiederholtes Gefrieren des wassergetränkten Schiefers (s. S. 227 u. f.) unter Beobachtung der äußeren Einwirkung, ohne Festigkeitsprüfung.
7. Der Wetterbeständigkeitsgrad nach Maßgabe des Gesamtergebnisses der Prüfung (s. Schemata S. 632—639).

Kapitel 59.

Bewertung der Prüfungsergebnisse.

A. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.

718. Im Nachfolgenden sind die wichtigsten Typen der Dachschiefer nach mikrophotographischen Aufnahmen reproduziert, ihre besonderen Verhältnisse, unter Hinzufügung der in Abs. 681—687 S. 599 u. f. gegebenen Signaturen, erläutert und die Qualitätsbestimmung der einzelnen Typen nach den Bewertungsschematen Abs. 719—727 S. 632 u. f. durchgeführt worden. Die in Klammern beigefügten Nummern

beziehen sich auf das betreffende Gestein in der tabellarischen Zusammenstellung der Prüfungsergebnisse, Teil XXI.

In den Erläuterungen ist zwischen der Qualitätsklasse Q des Schiefers und der Qualitätsklasse Q_1 seines Strukturtypus unterschieden worden. Durch Q_1 wird daher lediglich die strukturelle Ausbildungsweise bewertet, ohne Rücksicht auf andere Eigenschaften, welche die Wetterbeständigkeit des Schiefers günstig oder ungünstig beeinflussen können.

Q_1 = Strukturbewertung; Q = Qualitätsklasse des Gesteins.

Fig. 333. \perp z. Schieferung } Dachschiefer vom Rußbachtal (Bez. Wiesbaden).
Fig. 334. \parallel „ „ } Vergr. 120 \times .

Kontinuierliche, in lamellaren Aggregaten ausgebildete, sehr starke, vollkommen flasrige Glimmerlagen.

Typ. $C_5 z_4 gc_1$. — Q_1 : I A. Q: IA.



Fig. 333.

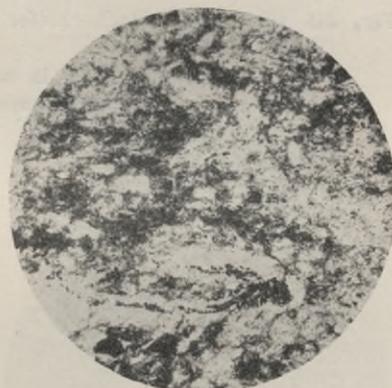


Fig. 334.

Fig. 335 (Nr. 308). Dachschiefer von Thomm (Landkr. Trier). Vergr. 208 \times .

Unvollkommen kontinuierliche, in schuppigen Aggregaten ausgebildete, starke, ziemlich vollkommen flasrige Glimmerlagen.

Typ. $Cd_4 z_3 ga_1$. — Q_1 : I A—B. Q: IB.

Fig. 336 (Nr. 306). Dachschiefer von Nordenau (Kr. Arnsberg). Vergr. 150 \times .

Unvollkommene kontinuierliche, in lamellaren bis schuppigen Aggregaten ausgebildete, dünne, ziemlich vollkommen flasrige Glimmerlagen.

Typ. $Cd_4 z_3 gc_{1-3} ga_1$. — Q_1 : I A. Q: IA.

Fig. 337 (Nr. 310). Dachschiefer vom Sauerland (Westfalen). Vergr. 228 \times .

Unvollkommen kontinuierliche, in schuppigen Aggregaten ausgebildete, dünne, unvollkommen faserige Glimmerlagen.

Typ. $Cd_4 z_2 ga_3$. — Q_1 : I—II. Q : IA.



Fig. 335.

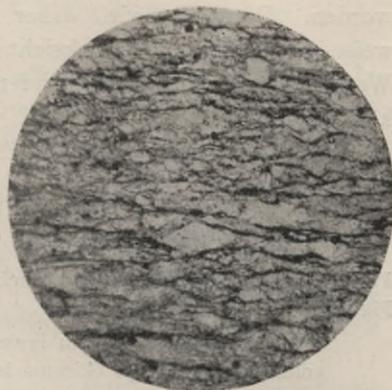


Fig. 336.

Fig. 338 (Nr. 319). Dachschiefer von Nuttlar im Sauerland (Westfalen).

Vergr. 125 \times .

Diskontinuierliche, in schuppigen Aggregaten ausgebildete, dünne, vollkommen getrennte Glimmerlagen.

Typ. $D_2 z_1 ga_1$. — Q_1 : II. Q : I—II.

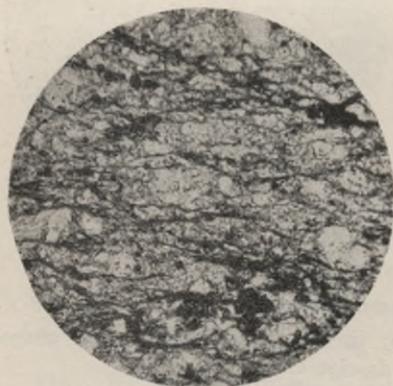


Fig. 337.

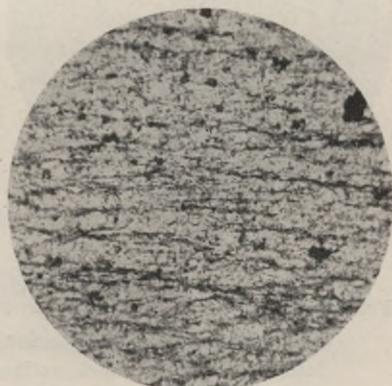


Fig. 338.

Fig. 339 (Nr. 314). Dachschiefer von Clotten a. d. Mosel. Vergr. 120 \times .

Kontinuierliche, in lamellaren Aggregaten ausgebildete, starke bis sehr starke, ziemlich vollkommen faserige Glimmerlagen.

Typ. $C_{4-5} z_3 gc_1: 3$. — Q_1 : IA. Q : I—II: II.

Fig. 340 (Nr. 324). Dachschiefer v. d. Mosel. Vergr. 150 ×.

Diskontinuierliche, in lamellaren Aggregaten ausgebildete, dünne bis ziemlich starke, unvollkommen flasrige Glimmerlagen.

Typ. $D_{2-3} z_2 gc_{1-2}$. — $Q_1: II-III$. $Q: II: II-III$.

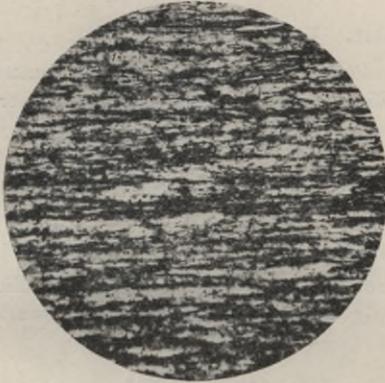


Fig. 339.

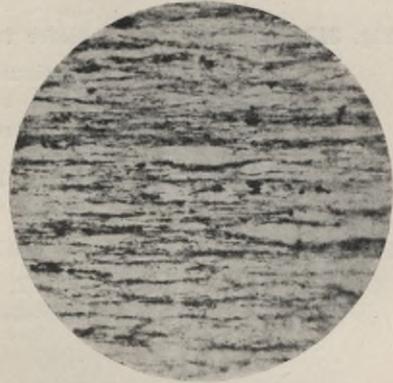


Fig. 340.

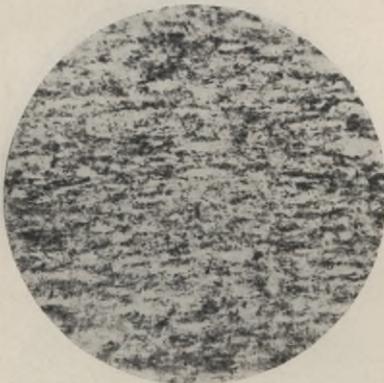


Fig. 341.

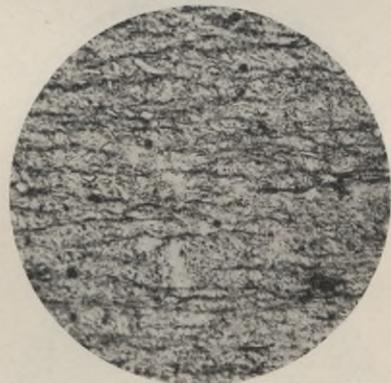


Fig. 342.

Fig. 341 (Nr. 375). Dachschiefer von Mariagrube (Kr. Malmedy). Vergr. 150 ×.

Diskontinuierliche, dünne, völlig getrennte Glimmerlagen in schuppigen Aggregaten.

Typ. $\frac{D}{J}_{1-2} z_1 ga_{1-2}$. — $Q_1: II$. $Q: I-II: II$.

Fig. 342 (Nr. 328). Dachschiefer von Antfeld und Nuttlar (Westfalen). Vergr. 150 ×.

Diskontinuierliche, in lamellaren Aggregaten ausgebildete, dünne, vollkommen getrennte bis unvollkommen flasrige Glimmerlagen.

Typ. $D_3 z_{1-2} gc_1$. — Q_1 : II—III. Q: II.

Fig. 343 (Nr. 327). Dachschiefer von Goslar. Vergr. 180 ×.

Unvollkommen kontinuierliche, dünne bis ziemlich starke, mitunter sehr starke, unvollkommen bis ziemlich vollkommen flasrige Glimmerlagen; teils schuppig aggregiert, teils schwach kohlig ausgebildet.

Typ. $Cd_{2-3}^{(5)} z_{2-3} ga; k_1$. — Q_1 : II. Q: I: I—II.

Fig. 344 (Nr. 331). Dachschiefer von Raumland (Kr. Wittgenstein). Vergr. 120 ×.

Diskontinuierliche, z. T. völlig isolierte, sehr dünne bis starke, völlig getrennte Glimmerlagen; teils schuppig aggregiert, teils ziemlich stark kohlig ausgebildet.

Typ. $\frac{D}{J} 1-4 z_1 ga; k_2$. — Q_1 : III—IV. Q: III.

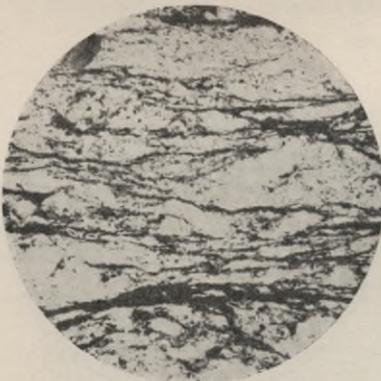


Fig. 343.

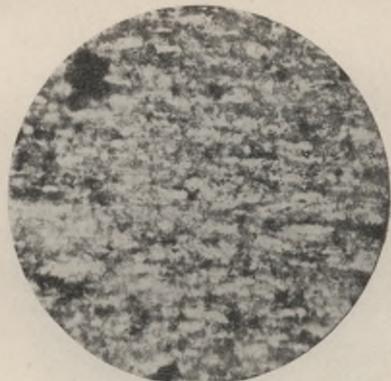


Fig. 344.

Fig. 345. \perp z. Schieferung } Dachschiefer von Raumland (Kr. Wittgenstein).
Fig. 346. \parallel „ „ } Vergr. 130 ×.

Diskontinuierliche, in schuppigen bis lamellaren Aggregaten ausgebildete, ziemlich starke bis sehr starke, ziemlich vollkommen flasrige Glimmerlagen.

Typ. $D_{3-5} z_3 ga-gc$. — Q_1 : II.

Fig. 347 (Nr. 346). Dachschiefer von Bestwig (Westfalen). Vergr. 85 ×.

Kontinuierliche, ziemlich starke bis starke, z. T. völlig isolierte, dünne bis ziemlich starke, unvollkommen bis ziemlich vollkommen flasrige Glimmerlagen; vorwiegend lamellar aggregiert und schwach kohlig.

Typ. $\frac{C_{3-4}}{J_{2-3}}$ z_{2-3} gc (k_1). — Q_1 : III—IV. Q: V (Frostwirkung).

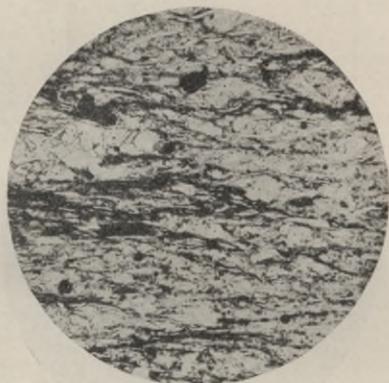


Fig. 345.

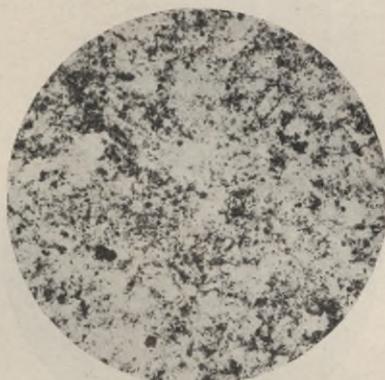


Fig. 346.

Fig. 348. Dachschiefer von Nuttlar (Westfalen). Vergr. 250 ×.

Starke, kontinuierliche, ziemlich stark kohlige, vollkommen flasrige Glimmerlagen.

Typ. C_4 z_4 gk_2 . — Q_1 : III—IV. Q: V (Frostwirkung).

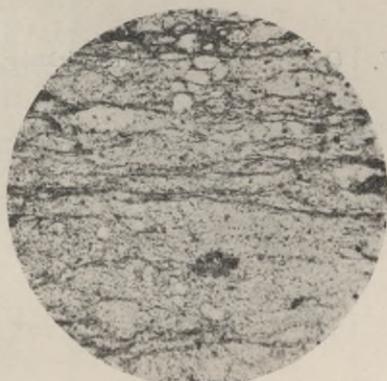


Fig. 347.



Fig. 348.

Fig. 349. Dachschiefer von Nassau. Vergr. 130 ×.

Kontinuierliche starke, z. T. diskontinuierliche dünne bis ziemlich starke, unvollkommen bis ziemlich vollkommen flasrige Glimmerlagen; schuppig aggregiert bis stark kohlig.

$$\text{Typ. } \frac{C_4}{D_{2-3}} z_{2-3} \text{ ga—k}_3. \quad \text{— Q: II—III : III.}$$

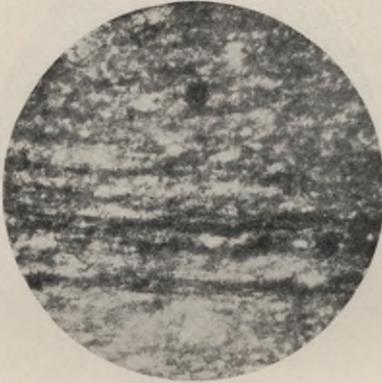


Fig. 348.

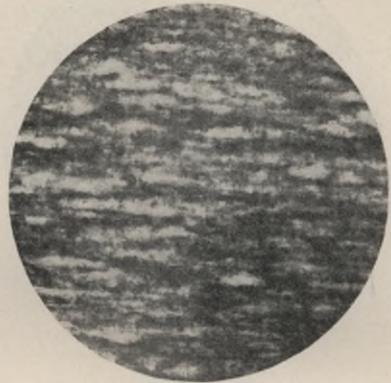


Fig. 349.

Fig. 350 (Nr. 363). Dachschiefer von Wiltingen (Kr. Saarburg). Vergr. 200 ×.

Kontinuierliche starke, z. T. unvollkommen kontinuierliche, ziemlich starke Glimmerlagen; ziemlich vollkommen flasrig verbunden und sehr stark kohlig.

$$\text{Typ. } \frac{C_4}{Cd_3} z_3 \text{ gk}_4. \quad \text{— Q: III : III—IV. } Q_1: V : V—VI \text{ (Frostwirkung).}$$

719. B. Schemata zur Klassifikation der Dachschiefer. Schema I zur Bewertung der Schiefer mit vollkommen kontinuierlichen Glimmerlagen. Typ. C.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
|---------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| Mikrotextur der Glimmerlamellen | Verbindung der Glimmerlagen untereinander | 0,5—0,3 mm | 0,2 mm | 0,1 mm | 0,05 mm | 0,025 mm |
| gC_1 gC_3 gC_6 gA_1 gA_3 | $Z_3 ; 4$ Z_2 Z_1 | IA IB I | IA IB I—II | IB I II | I I—II II—III | I—II II III |
| gC_2 gC_4 gC_6 gA_2 gA_4 | $Z_3 ; 4$ Z_2 Z_1 | IB I I—II | IB I—II II | I II II—III | I—II II—III III | II III III—IV |
| gk_1 | $Z_3 ; 4$ Z_2 Z_1 | I I—II II | I—II II II—III | II II—III III | II—III III III—IV | III III—IV IV |
| gk_2 | $Z_3 ; 4$ Z_2 Z_1 | I—II II II—III | II II—III III | II—III III III—IV | III III—IV IV | III—IV IV IV—V |
| gk_3 | $Z_3 ; 4$ $Z_2 ; 1$ | II II—III III | II—III III III | III III—IV IV | III—IV IV IV—V | IV IV—V V |
| gk_4 | $Z_3 ; 4$ $Z_2 ; 1$ | II—III III | III III—IV IV | III—IV IV | IV IV—V | IV—V V |

Qualitätsziffern:

Anmerkung: Erklärung der Signaturen s. Abs. 681 bis 687, S. 599 u. f. — Qualitätsziffern: IA = 0,5; IB = 0,75; I = 1; I—II = 1,5 usw.

Schema 2
zur Bewertung der Schiefer mit unvollkommen kontinuierlichen Glimmerlagen.
Typ. Cd.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| Mikrotextur der Glimmerlamellen | Verbindung der Glimmerlagen untereinander | Produkt aus der Stärke der Glimmerlagen und ihrer Anzahl auf 1 mm rechtwinklig zur Schichtung | 0,5—0,3 mm | 0,2 mm | 0,1 mm | 0,05 mm | 0,025 mm |
| gC_1 gC_3 gC_5 gA_1 gA_3 | $Z_3 : 4$ Z_2 Z_1 | IB I I—II | IB I—II II | I II II—III | I—II II—III III | I—II II—III III | II III III—IV |
| gC_2 gC_4 gC_6 gA_2 gA_4 | $Z_3 : 4$ Z_2 Z_1 | I I—II II | I—II II II—III | II II—III III | II—III III III—IV | II—III III III—IV | III III—IV IV |
| gk_1 | $Z_3 : 4$ Z_2 Z_1 | I—II II II—III | II II—III III | II—III III III—IV | II—III III III—IV | III III—IV IV | III—IV IV IV—V |
| gk_2 | $Z_3 : 4$ Z_2 Z_1 | II II—III III | II—III III III—IV | III III—IV IV | III—IV IV IV—V | III—IV IV IV—V | IV IV—V V |
| gk_3 | $Z_3 : 4$ $Z_2 : 1$ | II—III III | III III—IV | III—IV IV | III—IV IV | IV IV—V | IV—V V |
| gk_4 | $Z_3 : 4$ $Z_2 : 4$ | III III—IV | III—IV IV | IV IV—V | IV—V V | IV—V V | V V—VI |

Qualitätsziffern:

Schema 3

zur Bewertung der Schiefer mit diskontinuierlichen Glimmerlagen.
Typ. D.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| Mikrotextur der Glimmerlamellen | Verbindung der Glimmerlagen untereinander | Produkt aus der Stärke der Glimmerlagen und ihrer Anzahl auf 1 mm rechtwinklig zur Schichtung | 0,2 mm | 0,1 mm | 0,05 mm | 0,025 mm |
| gC_1 gC_3 gC_5 gA_1 gA_3 | $Z_3 : 4$ $Z_2 : 1$ | I-II II | II II-III | II-III III | III III-IV | III-IV IV |
| gC_2 gC_4 gC_6 gA_2 gA_4 | $Z_3 : 4$ $Z_2 : 1$ | II II-III | II-III III | III III-IV | III-IV IV | IV IV-V |
| gk_1 | $Z_3 : 4$ $Z_2 : 1$ | II-III III | III III-IV | III-IV IV | IV IV-V | IV-V V |
| gk_2 | $Z_3 : 4$ $Z_2 : 1$ | III III-IV | III-IV IV | IV IV-V | IV-V V | V V-VI |
| gk_3 | Z_4-1 | IV | IV-V | V | V-VI | VI |
| gk_4 | Z_4-1 | IV-V | V | V-VI | VI | VI-VII |

Qualitätsziffern:

724. 1. Ergänzungstabelle für Schema 1 bis 4
zur Bewertung des Härtegrades und des Erweichungskoeffizienten.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Härtegrad h_t | Erwei- chungs- koeffizient $\eta = \frac{h_w}{h_t}$ | Qualitätsziffern nach Schema 1 bis 4 | | | | | | | | | | | |
| | | IA | IB | I | I-II | II | II-III | III | III-IV | IV | V | VI | VII |
| Ergänzungs- bzw. Reduktionsziffern: | | | | | | | | | | | | | |
| 30 bis 20 | 1-0,95 | 0 | -0,25 | -0,35 | -0,75 | -1,15 | -1,55 | -2,0 | -2,35 | -2,75 | -3,55 | -4,15 | -4,75 |
| | 0,8 | 0 | -0,1 | -0,25 | -0,65 | -1,05 | -1,5 | -1,8 | -2,1 | -2,4 | -3,0 | -3,6 | -4,2 |
| 16 | 1-0,95 | -0,5 | -0,75 | -0,3 | -0,7 | -1,1 | -1,5 | -1,85 | -2,3 | -2,6 | -3,2 | -3,8 | -4,4 |
| | 0,8 | +0,1 | 0 | -0,1 | -0,5 | -0,9 | -1,3 | -1,65 | -1,95 | -2,25 | -2,85 | -3,55 | -4,15 |
| | 0,6 | +0,25 | +0,15 | +0,1 | -0,3 | -0,7 | -1,0 | -1,3 | -1,6 | -1,9 | -2,5 | -3,1 | -3,7 |
| 10 | 1-0,95 | +0,15 | +0,1 | 0 | -0,3 | -0,6 | -0,9 | -1,2 | -1,5 | -1,8 | -2,4 | -3,0 | -3,6 |
| | 0,8 | +0,3 | +0,2 | +0,2 | -0,1 | -0,4 | -0,7 | -1,0 | -1,3 | -1,6 | -2,2 | -2,8 | -3,4 |
| | 0,6 | +0,5 | +0,4 | +0,4 | +0,1 | -0,2 | -0,5 | -0,8 | -1,1 | -1,4 | -2,0 | -2,6 | -3,2 |
| | 0,4 | +1,2 | +1,25 | +1,4 | +1,1 | +0,8 | +0,5 | +0,2 | -0,1 | -0,6 | -1,2 | -1,8 | -2,4 |
| 8 | 1-0,95 | +0,2 | +0,15 | +0,2 | -0,1 | -0,4 | -0,7 | -1,0 | -1,3 | -1,6 | -2,2 | -2,8 | -3,4 |
| | 0,8 | +0,45 | +0,35 | +0,4 | +0,1 | -0,2 | -0,5 | -0,8 | -1,1 | -1,4 | -2,0 | -2,6 | -3,2 |
| | 0,6 | +0,6 | +0,5 | +0,6 | +0,3 | 0 | -0,3 | -0,6 | -0,9 | -1,2 | -1,8 | -2,4 | -3,0 |
| | 0,4 | +1,1 | +1,15 | +1,3 | +1,2 | +0,7 | +0,4 | +0,1 | -0,2 | -0,5 | -1,3 | -1,9 | -2,5 |
| 6 | 1-0,95 | +0,35 | +0,3 | +0,4 | +0,1 | -0,2 | -0,5 | -0,8 | -1,1 | -1,4 | -2,0 | -2,6 | -3,2 |
| | 0,8 | +0,6 | +0,5 | +0,6 | +0,3 | 0 | -0,3 | -0,6 | -0,9 | -1,2 | -1,8 | -2,4 | -3,0 |
| | 0,6 | +0,8 | +0,8 | +0,8 | +0,5 | +0,2 | -0,1 | -0,4 | -0,7 | -1,0 | -1,6 | -2,2 | -2,8 |
| | 0,4 | +1,4 | +1,35 | +1,3 | +1,0 | +0,7 | +0,4 | +0,1 | -0,2 | -0,5 | -1,3 | -1,9 | -2,5 |
| | 0,3 | +1,9 | +1,85 | +1,8 | +1,5 | +1,2 | +0,9 | +0,6 | +0,3 | 0 | -0,8 | -1,4 | -2,0 |
| 4 | 1-0,95 | +0,5 | +0,45 | +0,4 | +0,1 | -0,2 | -0,5 | -0,8 | -1,1 | -1,4 | -2,0 | -2,6 | -3,2 |
| | 0,8 | +0,8 | +0,8 | +0,8 | +0,5 | +0,2 | -0,1 | -0,4 | -0,7 | -1,0 | -1,6 | -2,2 | -2,8 |
| | 0,6 | +1,4 | +1,35 | +1,3 | +1,0 | +0,7 | +0,4 | +0,1 | -0,2 | -0,5 | -1,3 | -1,9 | -2,5 |
| | 0,4 | +1,9 | +1,85 | +1,8 | +1,5 | +1,2 | +0,9 | +0,6 | +0,3 | 0 | -0,8 | -1,4 | -2,0 |
| | 0,3 | +2,9 | +2,85 | +2,8 | +2,5 | +2,2 | +1,9 | +1,6 | +1,3 | +1,0 | +0,2 | -0,4 | -1,0 |
| | 0,2 | +3,9 | +3,85 | +3,8 | +3,5 | +3,2 | +2,9 | +2,6 | +2,3 | +2,0 | +1,2 | +0,6 | 0 |

725. 3. Ergänzungstabelle für Schema 1 bis 4
zur Bewertung des Eisenkiesgehalts mit Rücksicht auf den Kalkgehalt
und den Silifizierungs- bzw. Härtegrad der Schiefer.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. |
|---------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gehalt an Kalk- karbonat in Gew.-% | Härtegrad des Schiefers | Gehalt an Eisenkies in Gew.-% | | | | | | | | |
| | | 0,25 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 |
| | | Ergänzungsziffern: | | | | | | | | |
| 0 | 20 | +0,05 | +0,07 | +0,11 | +0,15 | +0,18 | +0,22 | +0,26 | +0,3 | +0,34 |
| | 15 | 0,07 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,24 | 0,29 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
| | 10 | 0,12 | 0,17 | 0,26 | 0,34 | 0,42 | 0,52 | 0,61 | 0,7 | 0,8 |
| | 5 | 0,14 | 0,21 | 0,32 | 0,43 | 0,53 | 0,65 | 0,76 | 0,88 | 1,0 |
| 1-2 | 20 | +0,07 | +0,1 | +0,16 | +0,21 | +0,26 | +0,32 | +0,37 | +0,42 | +0,48 |
| | 15 | 0,09 | 0,14 | 0,21 | 0,28 | 0,34 | 0,41 | 0,48 | 0,56 | 0,63 |
| | 10 | 0,17 | 0,24 | 0,36 | 0,49 | 0,61 | 0,74 | 0,87 | 0,99 | 1,12 |
| | 5 | 0,2 | 0,3 | 0,46 | 0,6 | 0,76 | 0,92 | 1,08 | 1,24 | 1,4 |
| 3-4 | 20 | +0,09 | +0,14 | +0,21 | +0,28 | +0,34 | +0,42 | +0,5 | +0,57 | +0,65 |
| | 15 | 0,12 | 0,18 | 0,28 | 0,37 | 0,45 | 0,56 | 0,66 | 0,76 | 0,86 |
| | 10 | 0,23 | 0,33 | 0,49 | 0,66 | 0,83 | 1,0 | 1,18 | 1,35 | 1,52 |
| | 5 | 0,28 | 0,39 | 0,6 | 0,82 | 1,03 | 1,25 | 1,47 | 1,68 | 1,9 |
| 6 | 20 | +0,12 | +0,17 | +0,26 | +0,35 | +0,43 | +0,53 | +0,63 | +0,72 | +0,82 |
| | 15 | 0,16 | 0,23 | 0,35 | 0,47 | 0,58 | 0,71 | 0,84 | 0,96 | 1,08 |
| | 10 | 0,29 | 0,4 | 0,62 | 0,83 | 1,04 | 1,26 | 1,48 | 1,7 | 1,92 |
| | 5 | 0,37 | 0,51 | 0,78 | 1,05 | 1,32 | 1,58 | 1,86 | 2,12 | 2,4 |
| 10 | 20 | +0,14 | +0,21 | +0,31 | +0,42 | +0,52 | +0,62 | +0,73 | +0,84 | +0,96 |
| | 15 | 0,2 | 0,28 | 0,43 | 0,57 | 0,71 | 0,86 | 1,02 | 1,16 | 1,31 |
| | 10 | 0,35 | 0,49 | 0,75 | 1,01 | 1,27 | 1,53 | 1,8 | 2,05 | 2,32 |
| | 5 | 0,44 | 0,61 | 0,94 | 1,27 | 1,6 | 1,92 | 2,25 | 2,58 | 2,9 |
| 15 | 20 | +0,17 | +0,24 | +0,37 | +0,5 | +0,63 | +0,76 | +0,9 | +1,02 | +1,16 |
| | 15 | 0,22 | 0,32 | 0,49 | 0,66 | 0,84 | 1,01 | 1,18 | 1,36 | 1,53 |
| | 10 | 0,41 | 0,57 | 0,88 | 1,18 | 1,49 | 1,8 | 2,1 | 2,41 | 2,72 |
| | 5 | 0,52 | 0,71 | 1,1 | 1,49 | 1,86 | 2,25 | 2,63 | 3,2 | 3,4 |
| 20 | 20 | +0,19 | +0,28 | +0,43 | +0,57 | +0,72 | +0,87 | +1,03 | +1,18 | +1,33 |
| | 15 | 0,26 | 0,36 | 0,56 | 0,76 | 0,96 | 1,16 | 1,36 | 1,56 | 1,76 |
| | 10 | 0,48 | 0,65 | 1,0 | 1,36 | 1,71 | 2,06 | 2,42 | 2,85 | 3,12 |
| | 5 | 0,6 | 0,82 | 1,25 | 1,7 | 2,14 | 2,58 | 3,2 | 3,46 | 3,9 |
| | 20 | +0,23 | +0,32 | +0,48 | +0,65 | +0,82 | +0,99 | +1,16 | +1,33 | +1,5 |
| | 15 | 0,3 | 0,4 | 0,62 | 0,83 | 1,04 | 1,25 | 1,47 | 1,69 | 2,0 |
| | 10 | 0,55 | 0,75 | 1,15 | 1,56 | 1,97 | 2,38 | 2,79 | 3,20 | 3,6 |
| | 5 | 0,65 | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,4 | 3,9 | 4,4 |

726.

Schema 5

zur Bestimmung des Frostbeständigkeitsgrades der Dachschiefer nach Maßgabe ihrer Sättigungs- und Erweichungskoeffizienten.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. |
|------------------------------------|------|------|------|---------------------------|-------|-------|--------|-------|---------|
| Erweichungs- koeffizient η | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9—1,0 |
| | | | | Sättigungskoeffizient | | | | | |
| | | | | Frostbeständigkeitsklasse | | | | | |
| 0,2 | I, 5 | I, 7 | II | II, 3 | II, 6 | III | IV | V, 5 | } VI |
| 0,3 | I, 4 | I, 6 | I, 9 | II, 2 | II, 5 | II, 9 | III, 9 | V, 4 | |
| 0,4 | I, 2 | I, 3 | I, 6 | I, 9 | II, 2 | II, 6 | III, 6 | V, 1 | |
| 0,6 | I | I, 1 | I, 4 | I, 7 | II | II, 4 | III, 4 | IV, 9 | |
| 0,8 | 0,75 | 0,85 | I | I, 3 | I, 6 | II, 2 | III, 2 | IV, 6 | |
| 0,95—1 | 0,5 | 0,6 | 0,75 | 0,9 | I, 2 | II | III | IV, 3 | |

Die den Frostbeständigkeitsgrad bezeichnenden Qualitätsziffern Kol. 2 bis 10 werden gemäß den in der ersten Horizontal- und Vertikalreihe enthaltenen Sättigungs- und Erweichungskoeffizienten bestimmt.

Für sehr dichte Schiefer, bei welchen die Wasseraufsaugung W_2 weniger als 0,32 Gew.-% beträgt, ist der Sättigungskoeffizient S nach der Formel $\frac{7}{8} \cdot \frac{W_2}{W_c}$ zu reduzieren und nach diesem Wert von S , die Qualitätsziffer zu bestimmen.

727. **Ergänzungstabelle für Schema 5**
zur Bewertung des Einflusses, welchen der Frostbeständigkeitsgrad auf den nach Schema 1—4 nebst Erg.-Tab. 1—3 bestimmten Qualitätsgrad ausübt.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Bewertungsziffern der Schieferqualitäten nach Schema 1—4 und Erg.-Tab. 1—3 | II | II—III | III | III—IV | IV | IV—V | V | V—VI | VI |
| | Ergänzungsziffern: | | | | | | | | |
| 0,50 | + 0,65 | + 1,2 | + 1,9 | + 2,4 | + 2,9 | + 3,4 | + 3,9 | + 4,4 | + 4,9 |
| 0,75 | 0,55 | 1,1 | 1,8 | 2,3 | 2,8 | 3,3 | 3,8 | 4,3 | 4,8 |
| 1 | 0,45 | 0,8 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 3,2 | 3,7 | 4,2 | 4,7 |
| 1,5 | 0,35 | 0,6 | 1,3 | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,4 | 3,9 | 4,4 |
| 2 | 0,1 | 0,5 | 1,0 | 1,6 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 3,6 | 4,1 |
| 2,5 | — | 0,3 | 0,7 | 1,3 | 1,8 | 2,3 | 2,8 | 3,3 | 3,8 |
| 3 | — | — | 0,4 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 |
| 3,5 | — | — | 0,1 | 0,7 | 1,2 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 3,2 |
| 4 | — | — | — | 0,4 | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 2,4 | 2,9 |
| 4,5 | — | — | — | 0,1 | 0,6 | 1,1 | 1,6 | 2,1 | 2,6 |
| 5 | — | — | — | — | 0,3 | 0,8 | 1,3 | 1,8 | 2,3 |
| 5,5 | — | — | — | — | — | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| 6 | — | — | — | — | — | 0,2 | 0,7 | 1,2 | 1,7 |
| 7 | — | — | — | — | — | 0,1 | 0,3 | 0,8 | 1,3 |

Um den Einfluß festzustellen, den der Frostbeständigkeitsgrad (Schema 5) auf den Qualitätsgrad ausübt, wird zu der nach Schema 1 bis 4 und Erg.-Tab. 1 bis 3 gefundenen Bewertungsziffer (Kol. 1) die zugehörige Ergänzungsziffer (Kol. 2 bis 10) addiert. Ein niedrigerer Wert der Frostbeständigkeitsklasse als II kommt für die Gesamtbewertung nicht in Betracht.

Beispiel: Nach Schema 1 bis 4 und Erg.-Tab. 1 bis 3 ergebe sich die Bewertungsziffer 2,5; nach Schema 5 der Frostbeständigkeitsgrad IV—V. Dann ist die Qualitätsziffer $2,5 + 2,3 = 4,8$, entsprechend der Qualitätsklasse IV—V.

C. Beispiel für die Bewertung der Dachschiefer.

728. Die mikroskopische Untersuchung des Dünnschliffs eines Dachschiefers lasse erkennen, daß die Glimmerlagen vollkommen kontinuierlich und vielfach miteinander verbunden sind: Typ. Cz₃. Die Stärke der Glimmerlagen betrage 0,004 mm, ihre Anzahl auf 1 mm im Querschnitt sei 51, demnach ist das Produkt = 0,204. Die Glimmerlamellen zeigen die Mikrotextrur des Typ. gc₄. Somit ergibt sich nach Schema 1, S. 632 die Qualitätsziffer IB = 0,75

Die Härte h_t ist = 16, der Erweichungskoeffizient η = 0,6, somit die Ergänzungsziffer nach der 1. Ergänzungstabelle S. 636 = +0,15

Die Wasseraufsaugung pro 100 qcm Oberfläche betrage 0,46 g und der Reduktionsfaktor demnach, bei η = 0,61, nach der 2. Ergänzungstabelle S. 635 1,03

Resultat: $1,03 + 0,15 = 0,927$

Der Gehalt an Fe S₂ ist = 0,52 Gew.-%, der Gehalt an Ca CO₃ = 16,1 Gew.-%. Bei einer Härte von 16 ergibt sich hieraus nach der 3. Ergänzungstabelle, S. 632 die Ergänzungsziffer = +0,57

Resultat: 1,497

Bei einem Sättigungskoeffizienten S = 0,7 und dem Erweichungskoeffizienten η = 0,6 ist die Frostbeständigkeitsklasse nach Schema 5, S. 638 = II und somit die Ergänzungsziffer nach der Ergänzungstabelle S. 639 ca. 0,35

Gesamtresultat: 1,847

Der Schiefer gehört demnach der Qualitätsklasse I—II : II an.

Anmerkung: Das Verhalten der Schiefer bei hoher Temperatur (s. Abs. 708, S. 621) konnte bei der schematischen Bewertung nicht berücksichtigt werden, weil für die vergleichenden Untersuchungen meist ältere Dachplatten verwendet werden mußten und festgestellt worden war, daß solches Material beim Erhitzen selbst dann eine Aufblätterung erleiden kann, wenn der frisch aus dem Bruch entnommene Schiefer bei dem fraglichen Versuch völlig intakt bleibt. Vielleicht lassen sich derartige Prüfungen aber später einmal an einer größeren Zahl frischer Proben von Schiefervorkommnissen bekannten Wetterbeständigkeitsgrades ausführen, und es mag deshalb darauf hingewiesen werden, daß nach diesseitigen Untersuchungen minderwertige Schiefer schon nach halbstündigem Erwärmen auf 200° C eine beträchtlich größere Wasseraufnahme zeigten, als im ursprünglichen Zustande. Vorläufig wird man sich darauf beschränken müssen, das Ergebnis der Erhitzungsprüfung als Bestätigung bzw. allgemeine Ergänzung der Qualitätsbestimmung nach den sonstigen Eigenschaften der Schiefer zu verwenden.

Kapitel 60.

Anleitung zur praktischen Beurteilung der Dachschiefer nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften und ihrer Erscheinungsweise im Bruch.

729. Wie bei den übrigen Bruchgesteinen kommt es auch bei der praktischen Beurteilung der Dachschiefer darauf an, die für ihren Wetterbeständigkeitsgrad als maßgebend erkannten Eigenschaften durch leicht auszuführende Versuche oder auf Grund äußerer Kennzeichen festzustellen und hiernach, unter Berücksichtigung der in den Bewertungsschematen aufgestellten Normen, den Qualitätsgrad näherungsweise zu bestimmen.

730. Da die Wetterbeständigkeit der Schiefer in erster Linie von der Kontinuität der Glimmerlagen abhängig ist, die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen aber für die praktische Beurteilung nicht in Betracht gezogen werden kann, so ist man darauf angewiesen, die mikrostrukturellen Verhältnisse nach der äußeren Erscheinungsweise der Schiefer zu beurteilen.

Wie die Erfahrung lehrt, ist nur bei sehr glimmerreichen Abänderungen auf eine kontinuierliche Ausbildung der Glimmerlagen zu rechnen, und es läßt auf einen flasrigen Zusammenhang derselben schließen, wenn die Schieferungsfläche hierbei flache, rundliche Unebenheiten aufweist. Erscheint dagegen die Schieferungsfläche vollkommen eben und ist das Gestein sehr dünn-schichtig, so wird man mit ziemlicher Sicherheit getrennte Glimmerlagen voraussetzen dürfen.

Für die Beurteilung des relativen Gehalts an Glimmer ist der Glanz der Schieferungsfläche, ihre Homogenität und die mehr oder weniger glatte Beschaffenheit derselben von Bedeutung. Als Anhalt kann hierbei das folgende Schema dienen;

| | Glanz | Homogenität | Sonstige Beschaffenheit |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | der Schieferungsfläche | | |
| 1. Sehr glimmerreich | stark seiden-glänzend | sehr homogen | sehr glatt |
| 2. Ziemlich glimmerreich | schwach seiden-glänzend | ziemlich homogen | ziemlich glatt |
| 3. Ziemlich glimmerarm | wenig glänzend | } mehr od. weniger porös | } mehr od. weniger rauh bis erdig |
| 4. Sehr glimmerarm | vollkommen matt | | |

731. Des weiteren ist der Gehalt an kohligen Beimengungen sowie die Natur derselben, ob bituminös oder graphitisch, zu bestimmen. Die schwarzgraue bis schwarze Farbe ist für diese Feststellung allein nicht maßgebend, da die dunkle Färbung mitunter auch durch Magneteisen hervorgerufen wird. Zur Unterscheidung kann folgendes Verfahren dienen:

1. der gut getrocknete Schiefer wird in der Reibschale gepulvert, das Pulver mit einem Magnetstäbchen durchgerührt und letzteres unter der Lupe auf anhaftende Magneteisenpartikel untersucht;
2. das feine Pulver wird zwischen weißen Papierblättchen gerieben. Ein Gehalt an Graphit hinterläßt eine schwarze, glänzende, stark haftende Färbung, während dieselbe matt erscheint und sich leicht mit dem Finger entfernen läßt, wenn sie von bituminöser Kohle herrührt. Anthrazitische Kohle hinterläßt nur eine schwache Abfärbung;
3. empfiehlt es sich, das Pulver in einem einseitig geschlossenen Glasröhrchen zu erhitzen, wobei bituminös-kohlige Beimengungen einen brenzlichen Geruch entwickeln.

Wird die Färbung durch Graphit oder durch Magneteisen bewirkt, so bleibt dieselbe bei dunkler bzw. heller Rotglut beständig oder nimmt bei Gegenwart von Eisenkies einen rötlichen Ton an;

4. wird auch das äußere Ansehen des Schiefers zu berücksichtigen sein. Bei reichlichem Gehalt an bituminös-kohliger Substanz erscheint der Schiefer matt schwarz, ähnlich der schwarzen Kreide. Ein starker Glimmergehalt kann diese Erscheinung zwar verdecken, sie tritt aber auf dem Querbruch, bei Betrachtung mit der Lupe, deutlich hervor.

732. Ein größerer Gehalt an Eisenkies ist an der goldglänzenden Farbe des Minerals leicht zu erkennen. Auch feinere Einsprengungen machen sich unter der Lupe, namentlich bei Lampenlicht, deutlich bemerkbar. Da der Eisenkies die Wetterbeständigkeit kalkreicher Schiefer in stärkerem Maße als diejenige kalkfreier bzw. kalkärmerer Abänderungen beeinträchtigt, so wird der Gehalt an Kalkkarbonat durch Prüfung mit Salzsäure festzustellen sein, wobei die mehr oder weniger starke Entwicklung von Kohlensäure den größeren oder geringeren Kalkgehalt anzeigt.

733. Der Silifizierungsgrad der Schiefer wird durch die Härteprüfung an trockenen Probestücken und solchen, welche zwei Tage unter Wasser gelegen haben, bestimmt. Die Ausführung geschieht

mittels einer Stahlnadel unter der Lupe, indem man bei sukzessive verstärktem Druck parallele Striche auf der Schieferungsfläche zeichnet (s. Abs. 253 S. 140). Bei geriefelter Oberfläche pflegt übrigens die Härte merkliche Verschiedenheiten parallel und rechtwinklig zur Streifung aufzuweisen.

Stark silifizierte Schiefer haben einen beträchtlichen Härtegrad, der auch bei längerer Wasserlagerung der Proben keine namhafte Verminderung aufweist. Sehr kalkhaltige und tonige Schiefer sind weich; der Härtegrad der ersteren vermindert sich durch Wassereinwirkung nicht erheblich, während die letzteren hierbei eine starke Erweichung erfahren.

734. Soll der Sättigungskoeffizient S mit Hilfe der Wage näherungsweise bestimmt werden, um daraus einen Anhalt für die Beurteilung der Frostbeständigkeit zu gewinnen, so verfährt man in folgender Weise: Ein Schieferstück von ca. 25 qcm wird bei 40°C getrocknet, nach Feststellung seines Gewichts $\frac{1}{2}$ Stunde in Wasser gelegt, oberflächlich abgetrocknet und wieder gewogen, um das Gewicht g_1 des aufgenommenen Wassers zu bestimmen. Eine zweite, getrocknete Probe wird mit dem Hammer zerschlagen, davon ca. 30 g der dickeren, etwa 1 qcm großen Stücke ausgelesen, abgewogen und in Wasser gelegt. Nach 10 Tagen werden die Schieferstücke zwischen Fließpapier gut abgetrocknet und das Gewicht g_2 des aufgenommenen Wassers bestimmt. Der Quotient $\frac{g_1}{g_2}$ ergibt näherungsweise den Sättigungskoeffizienten S . Ist derselbe höher als 0,8, so darf der Schiefer als frostunbeständig betrachtet werden.

735. Endlich empfiehlt es sich, ganze Schieferplatten in trockenem Zustande sowohl wie nach einstündiger Wasserlagerung auf einer starken Eisenplatte bis zu 160°C zu erhitzen. Bleiben sie hierbei intakt, so darf angenommen werden, daß sie die üble Eigenschaft der „Sonnenbrenner“ nicht besitzen, während ein Zerspringen der Schiefer nicht als Beweis gelten darf, daß sie unter der gelinderen, wenn auch zahlreich wiederholten Erwärmung durch Sonnenbestrahlung sich in gleicher Weise ungünstig verhalten werden. Zerspringen die Platten dagegen bereits beim Erwärmen auf 80°C , so sind sie als minderwertig zu betrachten.

736. Mit Zuhilfenahme dieser Bestimmungen lassen sich die guten Schiefer von den schlechteren Sorten mit ziemlicher Sicherheit unterscheiden.

Die wetterbeständigen Schiefer zeigen im allgemeinen folgende Eigenschaften:

1. Sie sind glimmerreich und deshalb auf der Schieferungsfläche stark glänzend und homogen. Dabei braucht die letztere keineswegs vollkommen eben zu sein; vielmehr deutet gerade diese Eigenschaft auf getrennte Glimmerlagen hin, während flach rundliche Unebenheiten bei

reichlichem Glimmergehalt meist auf eine flasrige Ausbildung der Glimmerlagen zurückzuführen sind, eine Strukturform, welche auf die Wetterbeständigkeit der Schiefer durchaus günstig einwirkt¹⁾.

Zu beachten ist hierbei jedoch, daß auch glimmerarme Schiefer von ziemlich guter Qualität sein können, wenn sie stark silifiziert sind und demnach eine beträchtliche Härte und geringe Erweichbarkeit in Wasser besitzen.

2. Sie sind entweder frei von zersetzbarer kohliger Substanz oder enthalten davon doch nur eine geringe Menge und erscheinen deshalb meist grauschwarz, bläulichschwarz, grünlich oder rötlich gefärbt. Aber auch intensiv schwarz gefärbte Schiefer können zu den besseren Sorten gehören, wenn die Farbe sich bei höherer Temperatur beständig erweist und demnach nicht von bituminöser Kohle, sondern von Magneteisen oder Graphit herrührt.

3. Durch längere Wasserlagerung dürfen sie keine namhafte Verminderung ihrer Festigkeit und Härte erfahren.

4. Sie sind entweder frei von Eisenkies oder erweisen sich bei mäßigem Eisenkiesgehalt kalkfrei.

5. Ihr Sättigungskoeffizient ist beträchtlich niedriger als 0,8.

6. Sie zeigen keine transversale Schieferung, d. h. solche quer zur Plattenoberfläche, und, falls auf derselben eine diese Schieferung andeutende parallele Streifung hervortritt, dürfen die Platten beim Zerschlagen nicht nach dieser Streifung brechen.

7. Weder in trockenem, noch in wassergesättigtem Zustande dürfen die Platten bei wiederholter Erwärmung auf 80° C zerspringen.

Anmerkung: Kohlige Schiefer und solche mit beträchtlicher Beimengung von Eisenkies können trotzdem noch von ziemlich guter Qualität sein, wenn sie stark silifiziert sind und einen niedrigen Sättigungskoeffizienten besitzen.

737. In dem Maße, in welchem die Eigenschaften der Schiefer von den vorstehenden Normen abweichen, ist das Material als minderwertig zu betrachten.

Beurteilung des Wetterbeständigkeitsgrades der Dachschiefer nach Maßgabe ihrer Erscheinungsweise im Schieferbruch.

738. Die allgemeinen Gesichtspunkte für die Beurteilung der Gesteinsmaterialien nach ihrer Erscheinungsweise im Bruch sind bereits

¹⁾ Nicht zu verwechseln ist diese unebene Ausbildung der Schieferungsflächen mit der geriefelten Oberfläche, wie sie durch den Gebirgsdruck hervorgerufen werden kann.

in Abs. 579 S. 482 u. f. dargelegt worden. Für die Dachschiefer ist insbesondere noch folgendes zu beachten: Erscheint die Farbe der Schiefer an der Oberfläche stark ausgebleicht, ohne daß eine Aufblätterung oder eine erhebliche Verminderung der Härte stattgefunden hat, so ist damit als erwiesen anzusehen, daß die Qualität des Schiefers, trotz der Zersetzbarkeit seines färbenden Bestandteils eine gute ist. Lassen sich auch aus den oberflächlichen Schichten größere Tafeln von hinreichender Festigkeit gewinnen, so dürfen die Schiefer als durchaus wetter- und insbesondere frostbeständig bezeichnet werden. Zu derselben Schlußfolgerung ist man berechtigt, wenn sich in dem alten Abraum größere Schieferstücke von unverminderter Festigkeit finden.

Bei alledem ist auch hier zu beachten, daß nur ein günstiger Befund der Oberflächenschicht im Bruch einen Schluß auf die Wetterbeständigkeit des Materials gestattet, während eine Verwitterung des oberflächlichen Bruchgesteins die Möglichkeit nicht ausschließt, daß der Schiefer als Dachdeckungsmaterial, also unter günstigeren Verhältnissen und zumal innerhalb beschränkter Zeiträume sich als völlig wetterbeständig erweisen kann.

X. Teil.

Die Granite und ihre Prüfung.

Kapitel 61.

Allgemeine petrographische Charakteristik.

739. Als Granite bezeichnet man kristallinisch-körnige, massige Gesteine, deren wesentliche Bestandteile Feldspat, Quarz und Glimmer sind.

Der Feldspat ist entweder Orthoklas, Mikroklin oder Plagioklas, und häufig kommen mehrere dieser Varietäten in demselben Gestein vor. Der Glimmer ist durch Kaliglimmer (Muskovit) und Magnesia-glimmer (Biotit) vertreten. Mitunter findet sich statt des Glimmers oder mit diesem zusammen Hornblende bezw. Augit. Akzessorisch treten im Granit namentlich auf: Granat, Turmalin, Zirkon, Apatit, Titanit, Titaneisen und Eisenkies, in selteneren Fällen auch Kalkspat. Feldspat und Quarz sind zu einem körnigen Aggregat verwachsen, in welchem die Glimmerblättchen regellos zerstreut liegen.

Meist bildet der Granit ein kompaktes Gestein, doch finden sich auch Abänderungen von poröser oder kaverneröser Struktur. Nicht selten treten schlierige, konkretionäre Anhäufungen in der sonst gleichkörnigen Gesteinsmasse auf. Gelangen größere Kristalle, insbesondere von Feldspat, zur Ausscheidung, so bezeichnet man das Gestein als porphyrischen Granit; bildet der Glimmer flasrige Anhäufungen, so geht die Felsart in den sog. Gneisgranit über.

Nach der mineralogischen Zusammensetzung werden folgende Varietäten unterschieden:

1. **Muskovitgranit**, mit Quarz, Orthoklas, Plagioklas und Kaliglimmer.

2. **Biotitgranit oder Granitit**, mit Quarz, Orthoklas, Plagioklas und Magnesiaglimmer.

3. **Zweiglimeriger Granit**, mit Quarz, Orthoklas, Plagioklas, Kaliglimmer und Magnesiaglimmer.

4. **Amphibolgranit**, mit Quarz, Orthoklas, Plagioklas und Hornblende.

5. **Hornblendeführender Granitit**, mit Quarz, Orthoklas, Plagioklas, Magnesiaglimmer und Hornblende.

Außer diesen Haupttypen finden sich noch folgende Varietäten granitischer Gesteine:

6. **Turmalingranit**, mit Quarz, Orthoklas und Turmalin. Das Gestein enthält keinen oder nur sehr wenig Glimmer.

7. **Protogin oder Alpengranit**, mit Quarz, Feldspat, wenig Biotit und reichlicher Beimengung eines chloritischen oder serizitischen Minerals. Das Gestein zeigt häufig eine sandig-bröcklige Beschaffenheit, oft auch ein undeutlich schiefriiges Gefüge.

8. **Aplit**, mit Quarz, Orthoklas und wenig Plagioklas. Die Textur ist meist feinkörnig und, falls Glimmer überhaupt vorhanden ist, tritt er in sehr geringer Menge als silberglänzender oder grünlicher Kaliglimmer auf.

9. **Schriftgranit oder Pegmatit**, mit Orthoklas, Quarz und äußerst wenig Muskovit, der auch gänzlich fehlen kann. In der feldspatigen Grundmasse tritt der Quarz in Form unvollständig ausgebildeter, stänglicher, paralleler Kristalle auf.

10. **Greisen**, mit vorwaltendem Quarz, reichlichem Glimmer und äußerst wenig Feldspat, der auch gänzlich fehlen kann.

Die feinkörnigen Abänderungen der granitischen Gesteine können in ein mikrokristallinisches Aggregat übergehen, das vorwaltend aus Feldspat und mehr oder weniger Quarz besteht, während der Glimmer stark zurücktritt oder auch vollständig fehlt. Gesteine dieser Art werden als **Felsit** bezeichnet.

Tektonische Ausbildung.

740. Der Granit neigt zur Ausbildung von Absonderungsformen wie auch zur Kluffbildung. Neben der säulenförmigen Absonderung tritt die bankförmige, rhomboidale und kugelförmige auf. Oft wird das Gestein von einem oder mehreren Systemen geneigter oder senkrechter

Klüfte durchschnitten, die auf größere Entfernungen nahezu parallel verlaufen.

Meistens zeigt der Granit auf weite Strecken dieselbe mineralogische und strukturelle Beschaffenheit. Bisweilen aber wechselt der Charakter des Gesteins in geringen Entfernungen, und es finden sich dann Ausbildungen verschiedener Varietäten, die sich oft in Form größerer Schlieren gegenseitig durchflechten. Andererseits tritt eine gleichmäßige Abänderung des Gesteinscharakters namentlich an den Rändern größerer Granitmassive sowie an dem Ausgehenden von Granitgängen hervor.

Kapitel 62.

Allgemeine Gesichtspunkte für die Prüfung der kristallinen Silikatgesteine.

741. Die Prüfung der kristallinen Silikatgesteine gestaltet sich ungleich einfacher als die der klastischen Felsarten. Während die Wetterbeständigkeit der letzteren nicht nur von der Natur der körnigen Bestandteile, sondern in hervorragendem Maße auch von der substanziellen und strukturellen Beschaffenheit des Bindemittels und von der Intensität der Kornbindung abhängt, Eigenschaften, welche ebenso mannigfaltig ausgebildet als schwierig zu bestimmen sind, fällt dieser umständliche und in manchen Fällen nur auf indirektem Wege auszuführende Teil der Prüfung für die kristallinen Silikatgesteine vollständig fort, da die Kornbindung hier eine unmittelbare ist und ihre Intensität die Festigkeit der körnigen Bestandteile nicht nur erreicht, sondern dieselbe in vielen Fällen übertrifft (s. Abs. 288 S. 182).

Die Silikate aber, welche als wesentliche Gemengteile in den kristallinen Gesteinen auftreten, sind im allgemeinen von solcher Widerstandsfähigkeit gegenüber den Verwitterungsagentien, daß sie nur in geologischen Zeiträumen eine namhafte Zersetzung erleiden. Ausnahmen bilden lediglich die basischen und eisenreichen Glassubstanzen, wie sie z. B. in gewissen Basalten vorkommen; ferner, bei Gegenwart von reichlichem Eisenkies, Markasit oder Magnetkies im Gestein, auch Nephelin und Leucit, sowie, bis zu einem gewissen Grade, die kalkhaltigen Feldspäte und der Biotit.

742. Sieht man von diesen Fällen ab, so kann man den Satz aufstellen:

Die kristallinen Silikatgesteine sind in ihren verschiedenen Ausbildungsformen als hervorragend wetterbeständige Baumaterialien zu betrachten, vorausgesetzt, daß ihre wesentlichen Gemengteile nicht bereits in der Erdrinde einen beträchtlichen Grad von Verwitterung erlitten haben. In letzterem Falle schreitet der Zersetzungsprozeß in der Regel auch an dem Material im Bauverbände verhältnismäßig rasch fort, und es hängt alsdann von dem Mengenverhältnis und der strukturellen Bedeutung des verwitterten Bestandteils ab, in welchem Maße der Gesamtzusammenhang des Gesteins durch die Partialzersetzung beeinträchtigt wird.

743. In gleicher Weise günstig verhalten sich die Silikatgesteine auch in Bezug auf ihre Frostbeständigkeit, und man darf im allgemeinen annehmen, daß frische, spaltfreie Gesteine dieser Klasse durchweg frostbeständig sind, und daß nur in solchen Fällen, wo das Gestein bereits in der Erdrinde in beträchtlichem Maße zersetzt worden ist und dadurch an seiner Dichtigkeit eine erhebliche Einbuße erlitten hat, der Frost zerstörend auf dasselbe einzuwirken vermag. Frostunbeständig können überdies die schiefrigen, mikrokristallinen Gesteine, wie z. B. die Phyllite, sich erweisen, falls sie einen hohen Sättigungs- und Verteilungskoeffizienten besitzen.

744. Für die kristallinen Silikatgesteine darf demnach die Feststellung des unzersetzten Zustandes ihrer Gemengteile bezw. des Verwitterungsgrades derselben als die Grundlage ihrer Wetterbeständigkeitsprüfung betrachtet werden.

Da im allgemeinen aber nicht sämtliche Bestandteile eines angewitterten Gesteins den gleichen Zersetzungsgrad zeigen und die einzelnen Gemengteile, wie bereits bemerkt, von sehr verschiedener Bedeutung für den inneren Zusammenhang der Mineralaggregation sind, so wird bei der Qualitätsbestimmung eines nicht mehr ganz frischen Gesteins auch die Strukturausbildung desselben eine angemessene Berücksichtigung erfahren müssen.

745. Hinsichtlich der hierbei in Betracht kommenden Verhältnisse lassen sich die kristallinen Gesteine in folgende Klassen einteilen:

1. Gesteine mit durchweg „dispergenten“ Gemengteilen, d. h. mit solchen, welche zerstreut durcheinander liegen, ohne daß einzelne derselben eine durch das Gestein sich hindurchziehende, zusammenhängende Aggregationsform bilden;

2. Gesteine mit mehr oder weniger vorherrschenden „symplexen“ Gemengteilen, d. h. mit solchen, welche ein netzartiges, maschenförmiges oder baumartig verzweigtes Aggregat bilden und so zu einem mehr oder weniger zusammenhängenden Skelett in der Gesteinsmasse verwachsen sind;
3. Gesteine mit „syndetischer“ Bestandmasse, welche als untergeordnete Zwischenmasse die Verbindung der vorherrschenden Gemengteile bewirkt. Diese Zwischenmasse kann entweder glasig, mikro- oder kryptokristallin sein;
4. Gesteine mit „basaler“ Bestandmasse, d. h. mit einer zusammenhängenden Grundsubstanz, die entweder amorph bis mikrokristallin ausgebildet ist und mehr oder weniger reichlich größere Kristalle ausgeschieden enthält (porphyrische Struktur), oder welche aus einem grobkristallinischen Aggregat eines einzelnen Gemengteils besteht (Syenit vom Plauenschen Grunde; Granit von Meißen).

746. Kann das zu prüfende Gestein nach Maßgabe seines mikroskopischen Strukturbildes einer dieser 4 Klassen zugeteilt werden, so ist damit zugleich ein Anhalt für die Beurteilung der Wirkung gewonnen, welche die Zersetzung der einzelnen Gemengteile auf den allgemeinen Zusammenhang des Gesteins auszuüben vermag.

Die Beständigkeit von Gesteinen mit symplexen, syndetischen oder basalen Bestandmassen wird vorzugsweise von der Beschaffenheit der letzteren abhängen. Sind dieselben noch vollkommen frisch, so wird selbst bei beginnender Verwitterung der in isolierten Aggregaten auftretenden Gemengteile der innere Zusammenhang des Gesteins erhalten bleiben; bei symplexer oder basaler Struktur auch, wenn jene Gemengteile an der Oberfläche völlig ausgenagt sind. Gesteine dieser Art zeigen alsdann eine narbige oder zellige Verwitterungsrinde. Ist aber die zusammenhängende Bestandmasse stark angewittert, so wird das Gestein, selbst bei frischer Beschaffenheit der isolierten Gemengteile, in kurzer Zeit zerbröckeln.

Gesteine mit dispergenter Struktur erweisen sich nur dann wetterbeständig, wenn die sämtlichen vorherrschenden Bestandteile durchweg frisch sind. Verwittert bei solchen Gesteinen auch nur einer dieser Bestandteile, so wird dadurch in den meisten Fällen der Zusammenhang des ganzen Gesteins zerstört.

Diese hier in Kürze gegebenen allgemeinen Regeln erfahren naturgemäß bei weniger scharfer Ausbildung der gedachten Strukturformen eine entsprechende Modifikation, hinsichtlich deren das Nähere für die einzelnen Gesteinsarten in den folgenden Kapiteln zu erörtern sein wird.

Kapitel 63.

A. Die Mikrostruktur der Granite und ihre Verwitterbarkeit.

747. Die Granite zeigen im allgemeinen eine völlig kompakte Verwachsung ihrer Gemengteile, und nur stellenweise findet sich in der Gesteinsmasse eine mehr oder weniger poröse oder kavernöse Strukturausbildung, wobei die größeren Hohlräume mitunter von Feldspat- und Quarzkristallen oder auch von akzessorischen Mineralien überwachsen sind. Seltener zeigt das frische Gestein in seiner Gesamtmasse ein mehr lockeres Gefüge (miarolitische Struktur).

Je feinkörniger das Gestein ist, desto kompakter pflegt es zu sein, und meist nur in mittel- bis grobkörnigen bezw. porphyrischen Abänderungen treten reichlicher kavernöse Partien auf.

Überaus wechselnd ist das Mengenverhältnis der einzelnen Bestandteile. Bei den hier untersuchten Graniten schwankt der Gehalt an Quarz zwischen 20 bis 40%, der Gehalt an Feldspat zwischen 42 bis 69% und der Glimmergehalt zwischen 5 bis 20%¹⁾.

748. In einer gewissen Abhängigkeit von dem mehr oder weniger reichlichen Gehalt an freiem Quarz steht eine wichtige strukturelle Eigenschaft des Granits. In sehr quarzreichen Graniten pflegt der Quarz meist ein zusammenhängendes Netzwerk zu bilden s. Fig. 351, gewissermaßen also ein Gerüst von unzersetzbarer Substanz (symplexe Aus-

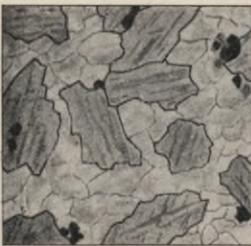


Fig. 351. Typ. Ia.

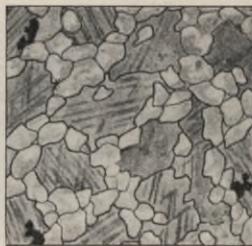


Fig. 352. Typ. IIb.

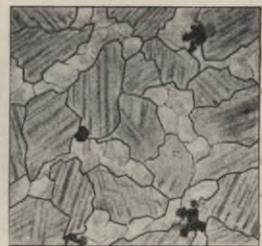


Fig. 353. Typ. IIIc.

bildung nach Abs. 745 S. 650). Wittert der in den Maschen des quarzischen Netzwerks eingelagerte Feldspat heraus, so wird die Oberfläche des Gesteins zwar narbig bezw. löcherig, aber das Gestein bleibt im ganzen

¹⁾ Über die Berechnung der mineralischen Gemengteile aus dem Resultat der chemischen Analyse s. Abs. 215 S. 125.

fest. Diese Strukturform zeigen die vorzüglichsten Abänderungen des Granits. Weniger widerstandsfähig erweist sich unter sonst gleichen Umständen das Gestein, wenn der Quarz auf den Schlißflächen in gekörnten Schnüren oder nur in unvollkommen zusammenhängenden Partien erscheint, s. Fig. 352 und 353.

Eine besondere Strukturform bilden die mikropegmatitischen Granite, in welchen die Feldspatkörner von einem mehr oder weniger zusammenhängenden Skelett rudimentärer Quarzkristalle durchwachsen sind, s. Fig. 379 S. 667.

Im Gegensatz zur Struktur der quarzreichen steht die der quarzarmen Granite, in welchen der Feldspat, meist von grobkristallinischem Gefüge, die zusammenhängende Grundmasse bildet (basale Struktur), s. Fig. 354. Ist bei dieser Ausbildungsform der Feldspat bereits im Bruchgestein erheblich zersetzt und schreitet die Verwitterung im Bauwerk fort, so wird der Zusammenhang des ganzen Gesteins gelockert; dasselbe wird mürbe und alsbald vollständig bröcklig.

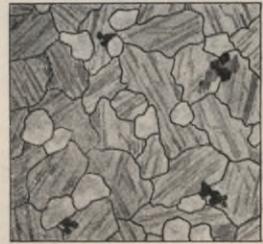


Fig. 354. Typ. IVc.

Eine seltenere Zwischenform bilden die Granite mit dispergenten Gemengteilen (s. Abs. 745 S. 649), die bei annähernd gleichem Mengenverhältnis in isolierten Körnern miteinander verwachsen sind.

749. Der günstige Einfluß, den ein zusammenhängendes Quarzskelett auf den Beständigkeitsgrad der granitischen Gesteine ausübt, kann jedoch erheblich beeinträchtigt werden, wenn der Quarz stark zerklüftet ist, falls nicht die getrennten Körner nachträglich wieder durch Kieselinfiltration zusammengekittet sind. Derartige Erscheinungen treten namentlich bei solchen Graniten auf, die in ihrer Gesamtmasse eine kataklastische Struktur zeigen. Dieselbe kann entweder in einer größeren Zerspaltung der Quarz- und Feldspatkörner bestehen, s. Fig. 355 und 356, oder es zeigen die einzelnen Körner eine peripherische Zertümmerung (Mörtelstruktur), wie sie Fig. 357 darstellt.

750. Ist das Gestein durch Ausscheidung größerer Feldspatkristalle porphyrisch ausgebildet, s. Fig. 358, so pflegen die Quarzkörner in der klein- bis feinkörnigen Hauptmasse nur in isolierten Körnern oder kleineren Korngruppen, seltener in unvollkommen zusammenhängenden Schnüren aufzutreten.

751. Verhältnismäßig am leichtesten unterliegt der Feldspat in den Graniten der chemischen Umwandlung durch den Einfluß des kohlen-

säurehaltigen Wassers, ein Vorgang, der die völlige Auflockerung des Minerals unter Bildung kohlensaurer Alkalien, Kaolin und freier Kieselsäure zur Folge hat. Aber in so umfangreichem Maßstabe dieser Prozeß

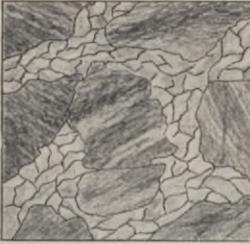


Fig. 355. Typ. VIb.



Fig. 356. Typ. VII.



Fig. 357. Typ. VIII.

auch in der Erdrinde stattfindet, so kommt derselbe für die im Bauverbände befindlichen Gesteine, vorausgesetzt, daß die Feldspatsubstanz im Bruchgestein noch vollständig frisch war, erst in so langen Zeiträumen zur Geltung, daß er bei Beurteilung der Wetterbeständigkeit der Granite mit frischem Feldspat ganz außer Betracht bleiben darf. Es sind Granite in ca. 1500 Jahre alten Bauwerken bekannt, deren Feldspat nur äußerlich geringe Anzeichen von Verwitterung zeigt, ohne daß die Festigkeit der Gesteinsoberfläche dadurch in nennenswerter Weise beeinträchtigt wird.



Fig. 358. Typ. V.

In Übereinstimmung hiermit findet man häufig im diluvialen Tieflande granitische und porphyrische Geschiebe und erratische Blöcke, deren Feldspatgehalt lediglich oberflächlich etwas ausgeschliffen, sonst aber noch vollkommen intakt erscheint, trotzdem das Gestein während geologischer Perioden der Einwirkung der Atmosphärien ausgesetzt war¹⁾.

¹⁾ Daß die Feldspatverwitterung in den Tiefen der Erde ungleich schneller von statten geht als an der Oberfläche, hat seinen Grund darin, daß 1. der Kohlensäuregehalt des Sickerwassers erheblich größer ist als der des Regenwassers, welches sich erst beim Durchdringen der humosen Dammerde mit Kohlensäure anreichert, 2. weil das Wasser als Gebirgsfeuchtigkeit die Gesteine beständig durchtränkt und 3. weil es neben Kohlensäure auch in beträchtlichem Maße kohlensaurer Alkalien gelöst enthält.

752. Wesentlich anders gestalten sich aber die Verhältnisse, wenn der Feldspat bereits im Bruchgestein eine stärkere Zersetzung erlitten hat. Dann schreitet erfahrungsgemäß die Zerstörung auch im Bauwerk verhältnismäßig schnell fort, und es ist festgestellt worden, daß Granite mit stark trüben, aber doch noch festen Feldspatkristallen bei Verwendung des Gesteins zu Hochbauten schon nach 50 Jahren eine beträchtliche Kaolinisierung und dementsprechende Auflockerung des Feldspats aufweisen.

Wenn auch angenommen werden darf, daß das schnelle Fortschreiten der einmal eingeleiteten Oberflächenzersetzung zum Teil seinen Grund in der mit der chemischen Umwandlung gleichzeitig stattfindenden mechanischen Auflockerung und der damit zusammenhängenden Frostwirkung hat, so erscheint es doch sehr wahrscheinlich, daß bei dem verhältnismäßig schnellen Verlauf der einmal eingeleiteten Zersetzung auch den hierbei sich bildenden kohlensauren Alkalien eine wichtige Rolle zugeschrieben werden muß¹⁾.

753. Bei Prüfung der Wetterbeständigkeit eines granitischen Gesteins wird also in erster Linie festzustellen sein, ob der Feldspat noch vollkommen frisch, resp. inwieweit die Zersetzung bereits fortgeschritten ist. Hierbei ist aber Folgendes zu beachten:

Absolut frischer Feldspat findet sich in granitischen Felsarten wie überhaupt in den älteren plutonischen Gesteinen nur selten. Selbst in den besten, erfahrungsgemäß noch durchaus wetterbeständigen Abänderungen zeigt der Feldspat bereits vielfach die Anfänge der Verwitterung, sei es, daß der zentrale Kern der Individuen eine Trübung durch pulverförmige Ausscheidungen aufweist, oder daß die gleiche Erscheinung in Form einer randlichen schwachen Zone auftritt. Ist die Feldspatsubstanz sonst unverändert und homogen, so darf dieser Zersetzungsgrad noch nicht als ein ungünstiger bezeichnet werden. Wird dagegen der Feldspat gleichzeitig von zahlreichen Sprüngen durchsetzt oder ist er stark zellig, wie dies häufiger vorkommt, dann verwittert er beträchtlich leichter, namentlich, wenn die Zersetzung von außen her begonnen hat. Aber selbst dann bedarf es, besonders bei kompakten Graniten, einer Jahrhunderte langen Einwirkung der Atmosphärien, ehe eine völlige Auflockerung der einzelnen Feldspatindividuen eintritt.

Weit häufiger ist es aber, daß der Feldspat eine beträchtlich weitergehende Zersetzung schon im Bruchgestein zeigt. Die Substanz erscheint alsdann von mehr oder weniger zahlreichen, teils unregelmäßigen, teils

¹⁾ Näheres hierüber s. S. 285 u. 286.

zylindrischen oder wurmförmigen Hohlräumen durchsetzt, in denen sich sehr feinpulvriger Kaolin und Eisenerde abgelagert haben. Ist in dieser Weise der Feldspat in seiner ganzen Masse stark umgewandelt, was äußerlich schon daran kenntlich ist, daß der Feldspat vollkommen trübe und matt erscheint, daneben auch eine beträchtliche Härteverminderung erlitten hat, dann wird er an der Oberfläche des Gesteins im Verlauf weniger Jahrzehnte und namentlich bei Verwendung des Materials zu Wasserbauten vollkommen mürbe und wittert schließlich ganz aus¹⁾. Enthält der Granit sehr reichlich Quarz in zusammenhängenden Schnüren, so wird die Gesteinsoberfläche durch Auswitterung des Feldspats narbig bis höhlig, während der Quarz rippenförmig hervortritt, und zwar erscheint er mehr oder weniger zerklüftet, je nachdem er bereits im Bruchgestein von feinen Rissen durchzogen war, die durch den Frost erweitert worden sind. Ist der Quarz nur in unvollkommen zusammenhängenden Schnüren oder in isolierten Körnern vorhanden, so findet eine gleichmäßige Abwitterung der Gesteinsoberfläche statt.

Größere Feldspatkörner, selbst wenn sie vollkommen frisch erscheinen, werden durch Frost wie durch Sonnenbestrahlung leicht rissig, eine Erscheinung, die auch hier insbesondere dann eintritt, wenn das Mineral, wie das häufig der Fall ist, bereits im Bruchgestein reichliche mikroskopische Spaltrisse enthielt.

754. Inwieweit der Verwitterungsgrad des Feldspats in den Graniten die Wetterbeständigkeit des Gesteins zu beeinträchtigen vermag, hängt nach dem Vorstehenden wesentlich von dem Quarzgehalt desselben und von der damit in Zusammenhang stehenden Gesteinsstruktur ab.

Im allgemeinen lassen sich folgende Regeln für die Beurteilung granitischer Gesteine aufstellen:

1. Granite mit mehr oder weniger zersetztem Feldspat sind relativ um so widerstandsfähiger, je vollkommener der Quarz in ihnen ein zusammenhängendes Netzwerk bildet;

¹⁾ Bemerkenswert ist eine Beobachtung über die besonderen Veränderungen, welche der Feldspat des Granits im Wasser erleiden kann. Von einem 49 Jahre alten Brückenpfeiler wurde in Höhe des veränderlichen Wasserstandes eine Probe entnommen und daraus mehrere Dünnschliffe gefertigt. Es zeigte sich, daß keine pulverulenten Zersetzungsprodukte (Kaolin, Eisenhydroxyd usw.) entstanden waren, sondern daß sich rings um den verwitterten Feldspat zierliche spießige Kristalle, augenscheinlich zeolithischer Natur, gebildet hatten, welche im polarisierten Licht lebhaft gefärbt erschienen.

2. Granite mit isolierten Quarzkörnern erweisen sich nur dann als wetterbeständig, wenn der Feldspat in ihnen keinen beträchtlichen Zersetzungsgrad zeigt.

755. Was den Glimmer in den Graniten betrifft, so gehört namentlich der Kaliglimmer zu den wetterbeständigsten Mineralien¹⁾. Etwas leichter angreifbar ist der Magnesiaglimmer, aber auch dieser erscheint in Jahrhunderte alten Baugesteinen noch vollkommen frisch, falls die letzteren nicht Eisenkies in beträchtlicher Menge enthalten. Nur wenn der Glimmer in sehr reichlicher Menge im Granit auftritt, kommt er für die Bestimmung der Wetterbeständigkeit in Betracht. Die größeren Glimmerpartien blättern durch den Frost auf, halten alsdann das Wasser längere Zeit zwischen den Lamellen fest und bewirken auf diese Weise eine stärkere Einwirkung der Atmosphärien auch auf die übrigen Gesteinsbestandteile.

756. Von den im Granit zahlreich vorkommenden akzessorischen Gemengteilen ist für die Verwitterbarkeit des Gesteins lediglich der Eisenkies von Bedeutung. Am leichtesten wird derselbe zersetzt, wenn er mit Glimmer verwachsen ist oder zwischen den anderen Gemengteilen eingelagert vorkommt. Ist dagegen der Eisenkies vorzugsweise in Quarz eingewachsen, so hält er sich vollständig frisch, während die benachbarten freien Partien bereits gänzlich in Eisenocker umgewandelt erscheinen. Infolge der Zersetzung des Eisenkieses wird das Gestein schon nach wenigen Jahren mit mißfarbigen, rostbraunen Flecken bedeckt. Überdies aber wirkt die bei dieser Umwandlung frei werdende Schwefelsäure zugleich zersetzend auf die übrigen Gemengteile, insbesondere auf den Magnesiaglimmer ein, und auch die Kalknatronfeldspäte werden davon angegriffen, weshalb in solchen Gesteinen der Plagioklas stets stärker zersetzt erscheint als der widerstandsfähigere Kalifeldspat. In selteneren Fällen ist der Eisenkiesgehalt jedoch so beträchtlich, daß durch seine Zersetzung die Gesamtfestigkeit des Gesteins erheblich beeinträchtigt wird.

757. Eine besondere Berücksichtigung erheischt die kataklastische Struktur. Manche Granitstöcke, z. B. die der Lausitz, haben infolge starken Gebirgsdruckes eine sehr auffällige strukturelle Zertrümmerung erfahren. Der Quarz wie auch der Feldspat zeigen nicht nur zahlreiche

¹⁾ Selbst die kleinen Schüppchen von Muskovit in den zutage tretenden Glimmersanden der Braunkohlenformation zeigen, abgesehen von dem auf beginnende Verwitterung hindeutenden metallartigen Glanz, keine Zersetzungserscheinungen.

Sprünge, sondern die Körner sind z. T. vollständig zerstückelt und die einzelnen Teile voneinander getrennt und verschoben. Auch der Glimmer ist meist vielfach verbogen und ausgefasert. Wenngleich im allgemeinen die Spalten nachträglich auf hydrochemischem Wege wieder ausgefüllt sind, so wird dadurch die ursprüngliche Festigkeit doch nicht vollständig hergestellt werden können. Ist die Zementierung durch Quarzmasse bewirkt, so können derartige Granite immerhin noch recht gute Baumaterialien liefern. Mitunter sind die Spalten aber durch Kalkspat verkittet, und solche Gesteine müssen zu den minderwertigen und, falls sie eisenkieshaltig sind, zu den ganz schlechten gerechnet werden.

B. Einfluß der tektonischen Ausbildung der Granite auf ihre Verwitterbarkeit.

758. Neben den in den vorigen Abschnitten dargelegten strukturellen Eigenschaften der Granite und dem Verwitterungsgrade des Bruchmaterials kommen für die Beurteilung der Wetterbeständigkeit desselben unter Umständen noch andere Verhältnisse in Betracht, welche nicht übersehen werden dürfen, wenn ein zutreffendes Urteil über die Qualität des Gesteins gewonnen werden soll.

Es sind dies die im großen ausgebildeten tektonischen Verhältnisse, deren Feststellung nur durch Untersuchung des Bruchgesteins an Ort und Stelle bewirkt werden kann. Infolge von Gebirgsdruck, dann aber auch durch Kontraktion der Gesteinsmasse bei ihrer Erstarrung zeigt der Granit, wie die meisten plutonischen Felsarten, teils in größeren Entfernungen voneinander auftretende regelmäßige Klüfte, teils eigentümliche und mannigfache Ablösungsformen, die man als plattenförmige, bankförmige, kugelförmige, säulen- oder Pfeilerförmige, parallelepipedische und unregelmäßig polyedrische unterscheiden kann.

Diese Gliederung der Gesteinsmasse kann jedoch durch den Einfluß der Atmosphärlilien eine weitere Differenzierung in der Weise erfahren, daß größere Ablösungsmassen bei fortschreitender Verwitterung in immer kleinere, konforme Partien zerteilt werden. So können z. B. bankartige Granite bei weiterer Verwitterung in plattenförmige übergehen und diese allmählich zu schiefrigem oder blättrigem Grus zerfallen. Es darf nach den vorliegenden Erfahrungen angenommen werden, daß Granite, welche in besonders ausgeprägter Weise zur Ausbildung solcher Ablösungsformen neigen, der zerstörenden Wirkung der Atmosphärlilien einen geringeren Widerstand entgegensetzen als völlig

kompakte Abänderungen des Gesteins. Zeigt das Gestein Neigung zu bankförmiger oder polyedrischer Absonderung, so kann auch im Bauverbände eine Ablösung parallel der Lager- bzw. Absonderungsfläche stattfinden, namentlich, wenn plattenförmige Granite zur Verblendung von Sockelmauerwerk, zumal in feuchtem Baugrund, verwendet werden.

Bei der Entnahme von Proben für die mikroskopische Untersuchung wird hinsichtlich derartiger Gesteine mit einiger Sorgfalt zu verfahren sein. In der Nähe der Ablösungsflächen ist der Feldspat meist beträchtlich stärker zersetzt als im Innern. Die Untersuchung, welche an einer von der Oberfläche der Platten oder der sonstigen Bruchstücke entnommenen Probe ausgeführt wird, muß deshalb zu einer ungünstigeren Qualitätsbestimmung führen, als sie dem Gestein im allgemeinen entspricht.

Eine besondere Vorsicht ist hier aber auch bei Bearbeitung der Werksteine geboten. Wird die natürliche Ablösungsfläche nicht bis zu genügender Tiefe entfernt, dann schreitet der in der Erdrinde eingeleitete Verwitterungsprozeß auch im Bauwerk verhältnismäßig schnell fort. So wurde z. B. zur Bekleidung des Sockels am Hauptgebäude der Technischen Hochschule zu Charlottenburg sächsischer Plattengranit verwendet. An einigen dieser Platten, an welchen die obere Schicht nur wenig abgearbeitet worden war, machte sich schon nach wenigen Jahren eine beträchtliche Abblätterung bemerkbar, während andere sich bis jetzt gut gehalten haben. Bemerkenswert ist es, daß die erwähnte Zerstörung selbst an solchen Platten auftrat, welche zu den Seitenwänden der gedeckten Vorhalle Verwendung gefunden hatten und demnach der unmittelbaren Einwirkung der Witterung nicht ausgesetzt waren.

Kapitel 64.

Spezielle Prüfungsmethoden.

A. Bestimmung der Verwitterungstypen des Feldspats in den kristallinen Silikatgesteinen.

759. Da die mehr oder weniger frische Beschaffenheit des Feldspats im Bruchgestein für die Beurteilung des Wetterbeständigkeitsgrades der Granite wie fast aller übrigen kristallinen Silikatgesteine von grundlegender Bedeutung ist, so mögen hier die verschiedenen Verwitterungstypen der Feldspate im Zusammenhange erläutert werden.

In den plutonischen Gesteinen (Granit, Syenit, Diorit, Gabbro usw.) zeigt der Feldspat, auch in frischem Zustande, meist eine wolkige Trübung, die, wie sich bei starker mikroskopischer Vergrößerung erkennen läßt, zurückzuführen ist 1. auf parallele oder gitterartige, kristallographisch orientierte, längliche kleine Hohlräume oder 2. auf Einlagerung fremder Substanzen, wie Quarz, Glimmer, Plagioklas, Eisenglanz sowie braune bis rotbraune stabförmige Mikrolithe und Körnchen. Dagegen enthalten die Feldspäte der vulkanischen Gesteine (Trachyt, Basalt, Dolerit usw.) nur selten zellige Hohlräume; sie sind, falls noch in frischem Zustande befindlich, vollkommen wasserklar, doch finden sich auch in ihnen sehr häufig Einlagerungen von Glaskörnchen, Augitmikrolithen usw. Diese primären Interpositionen pflegen von scharf begrenzter Form zu sein und zeigen meist eine regelmäßige Anordnung, indem sie entweder als zentrale Anhäufung oder als schalenförmige Umhüllung auftreten.

Feldspäte, welche lediglich durch mikroskopische Hohlräume oder primäre Interpositionen getrübt erscheinen, deren Masse aber an sich klar ist und im polarisierten Licht eine einheitliche Interferenzfarbe aufweist, dürfen als durchaus wetterbeständige Gemengteile der kristallinen Silikatgesteine betrachtet werden.

760. Wesentlich anders als die primären Interpositionen verhalten sich die durch Umwandlung entstandenen Einlagerungen. Dieselben zeigen meist eine unscharfe Begrenzung und bilden unregelmäßige Anhäufungen in der mehr oder weniger trübe gewordenen Feldspatmasse.

Im allgemeinen kann der Zersetzungs Vorgang in folgender Weise auftreten: Entweder beginnt er im Innern oder an der Oberfläche des Kristalls bzw. entlang den Spalten und Sprüngen desselben. Die erstere Erscheinung ist wohl zurückzuführen auf die Wirkung der in den Poren ursprünglich eingeschlossenen Flüssigkeit, wie Wasser und flüssige Kohlensäure. Diese zentrale Umwandlung bedingt an und für sich kein weiteres Fortschreiten der Zersetzung, da die in den Hohlräumen tätig gewesenen Agentien in ihrer Wirksamkeit erschöpft sind. Granite und andere kristallinische Gesteine, welche derartig beschaffenen Feldspat enthalten, haben sich als durchaus wetterbeständig bewährt.

Die von außen her begonnene Zersetzung der Feldspatkörner wurde dagegen durch das Eindringen von Gebirgsfeuchtigkeit verursacht, und der einmal eingeleitete Zersetzungsprozeß schreitet auch im Baugestein kontinuierlich und um so schneller fort, je mehr der Feldspat von Poren oder Sprüngen durchzogen wird, bzw. je stärker die Auflockerung des Feldspats bereits im Bruchgestein vorgeschritten ist.

Als sekundäre Ausscheidungen sind namentlich zu nennen: Eisenoxyd, Eisenhydroxyd, Kaolin und Kieselsäure, bei Verwendung des Gesteins zu Wasserbauten auch zeolithische Substanzen.

761. Zur Bezeichnung der Verwitterungstypen sind folgende Signaturen für die bezüglichen Umwandlungserscheinungen eingeführt worden:

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>h Homogene Interferenzfarbe der Feldspat- substanz im polarisierten Licht;</p> <p>a₁₋₅ Aggregatpolarisation;</p> <p>t₁₋₅ Trübung durch Ausscheidung von Ver- witterungsprodukten (Kaolin, Eisen- ocker usw.);</p> <p>zt₁₋₅ Zonale Trübung, desgl.;</p> <p>ct₁₋₅ Zentrale Trübung, desgl.;</p> <p>s₁₋₅ Spaltrisse;</p> <p>sp₁₋₅ Unregelmäßige Sprünge (kataklastische Struktur);</p> <p>z₁₋₅ Zellige Höhlungen bezw. Poren.</p> | } | <p>Die Indizes 1—5 be- deuten:</p> <p>1 in Spuren;</p> <p>2 spärlich bezw. schwach;</p> <p>3 ziemlich reichlich bezw. ziemlich stark;</p> <p>4 reichlich bezw. stark (für t: sehr stark);</p> <p>5 sehr reichlich bezw. sehr stark (für t: vollständig trübe).</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Anmerkung: In der Typenformel bedeutet $f(-)$: Feldspatverwitterung.

762. Nach der mikroskopischen Beschaffenheit des Feldspats lassen sich folgende Verwitterungstypen unterscheiden:

Typ. I. Homogene Interferenzfärbung, ohne erhebliche Trübung durch sekundäre Ausscheidungen.

- Typ. I₁ Ohne Spaltrisse und Poren. Fig. 359 S. 661: Feldspat (Sanidin) im Trachyt vom Siebengebirge: $f(s_{0-1} t_{0-1} h)$. Fig. 360 ib.: Feldspat im Anamesit von Steinbach, Oberhessen: $f(s_{0-1} t_{0-1} h)$.
- „ I₂ Ziemlich reichliche Spaltrisse ohne Poren. Fig. 361 ib.: Feldspat im Norit vom Radautal, Harz: $f(s_3 t_{0-1} z_0 h)$. Fig. 362 ib.: Feldspat in der Basaltlava von Oberleubach.
- „ I₂ Ohne Spaltrisse mit ziemlich reichlichen Poren: $f(s_{0-1} t_{0-1} z_3 h)$.
- „ I₃ Ziemlich reichliche Spaltrisse und Poren: $f(s_3 t_{0-1} z_3 h)$.
- „ I₄ Sehr reichliche Spaltrisse ohne Poren. Fig. 363 ib.: Feldspat im Teschenit von Teschen, Mähren: $f(s_5 t_{0-1} z_0 h)$.
- „ I₅ Ohne beträchtliche Spaltrisse mit sehr reichlichen Poren. Fig. 364 ib.: Feldspat im Felsitporphyr von Wurzen: $f(s_5 t_{0-1} z_5 h)$.
- „ I₆ Sehr reichliche Spaltrisse und Poren: $f(s_5 t_{0-1} z_5 h)$.

Anmerkung: In gleicher Weise wie die Spaltrisse sind die unregelmäßigen Sprünge zu bewerten.

Typ. II bis IV. Homogene Interferenzfärbung bei mehr oder weniger starker Trübung durch sekundäre Ausscheidungen.

- Typ. II₁ Ziemlich starke Trübung ohne erhebliche Spaltrisse und Poren. Fig. 365 S. 662: Feldspat im Syenit von Biela, Piemont: $f(s_{0-1} t_3 z_{0-1} h)$. Fig. 366 ib.: Feldspat im Syenit von Plauen, Sachsen. Fig. 367 ib.: Feldspat im Felsitporphyr von Wurzen (zentrale Ausscheidung).

Verwitterungstypen des Feldspats.

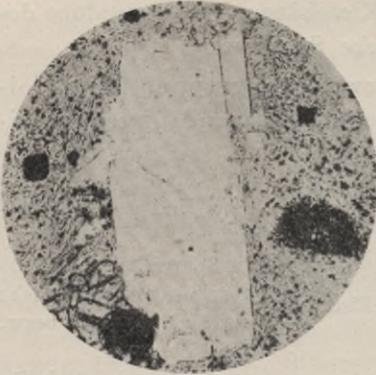


Fig. 359. Typ. I₁.



Fig. 360. Typ. I₁.



Fig. 361. Typ. I₂.



Fig. 362. Typ. I₂.



Fig. 363. Typ. I₄.

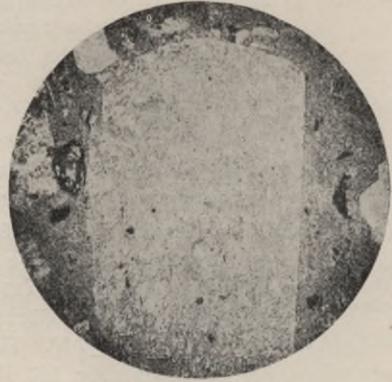


Fig. 364. Typ. I₅.

Verwitterungstypen des Feldspats.



Fig. 365. Typ. II₁.



Fig. 366. Typ. II₁.



Fig. 367. Typ. II₁.



Fig. 368. Typ. II₂.



Fig. 369. Typ. II₃.



Fig. 370. Typ. III₁.

- Typ. II₂ Ziemlich starke Trübung bei ziemlich reichlichen Spaltrissen ohne Poren. Fig. 368 S. 662: Feldspat im Syenit von Bolleräne, Norwegen: $f(s_2 t_3 z_0 h)$.
- „ II₂ Ziemlich starke Trübung ohne erhebliche Spaltrisse mit ziemlich reichlichen Poren: $f(s_{0-1} t_3 z_3 h)$.
- „ II₃ Ziemlich starke Trübung bei ziemlich reichlichen Spaltrissen und Poren. Fig. 369 ib.: Orthoklas im Augitsyenit von Monzoni, Tirol: $f(s_3 t_3 z_3 h)$ (Plagioklas noch ziemlich frisch).
- „ III₁ Starke Trübung ohne erhebliche Spaltrisse und Poren. Fig. 370 ib.: Feldspat im Granit von Haytor, Devonshire. Fig. 371 S. 664: Feldspat im Granit von Striegau, Schlesien: $f(s_{0-1} t_4 z_{0-1} h)$.
- „ III₂ Starke Trübung bei ziemlich reichlichen Spaltrissen ohne Poren. Fig. 372 ib.: Feldspat im Granit von Reichenberg: $f(s_3 t_4 z_0 h)$.
- „ III₂ Starke Trübung ohne erhebliche Spaltrisse, mit ziemlich reichlichen Poren: $f(s_{0-1} t_4 z_3 h)$.
- „ III₃ Starke Trübung bei reichlichen Spaltrissen und Poren: $f(s_3 t_4 z_3 h)$.
- „ III₄ Starke Trübung bei sehr reichlichen Spaltrissen bzw. Poren: $f(s_5 t_4 z_5 h)$.
- „ IV₁ Sehr starke Trübung der ganzen Feldspatmasse ohne beträchtliche Zerklüftung: $f(s_1 t_5 z_1 h)$.
- „ IV₂ Sehr starke Trübung der ganzen Feldspatmasse bei starker Zerklüftung: $f(s_4 t_5 z_4 h)$.

Typ. V. Schwache Aggregatpolarisation bei schwacher Ausscheidung von Verwitterungsprodukten.

- Typ. V₁ Ohne Spaltrisse und Poren $f(s_{0-1} t_2 z_{0-1} a_2)$.
- „ V₂ Mit beträchtlichen Spaltrissen ohne Poren. Fig. 373 ib.: Feldspat im Basalt von Hodritsch: $f(s_3 t_2 z_{0-1} a_2)$.
- „ V₂ Mit reichlichen Poren ohne Spaltrisse: $f(s_{0-1} t_2 z_3 a_2)$.
- „ V₃ Mit reichlichen Spaltrissen und Poren: $f(s_3 t_3 z_3 a_2)$.

Typ. VI. Ziemlich starke Aggregatpolarisation bei reichlicher Ausscheidung von Verwitterungsprodukten.

- Typ. VI₁ Starke Trübung ohne namhafte Zerklüftung. Fig. 374 ib.: Feldspat im Felsitporphyr von Halle (zonale Verwitterung): $f(s_{0-1} zt_4 a_2)$.
- „ VI₂ Starke Trübung bei starker Zerklüftung: $f(s_4 t_4 a_2)$.

Typ. VII. Starke Aggregatpolarisation bei sehr reichlicher Ausscheidung von Verwitterungsprodukten.

- Typ. VII₁ Vollständige Trübung bei geringer Zerklüftung. Fig. 375 ib.: Feldspat im Quarzdiorit von Verneuge, Auvergne: $f(s_5 t_5 a_4)$.
- „ VII₂ Vollständige Auflockerung der ganzen Feldspatmasse. Fig. 376 ib.: Feldspat im Granit vom Ramberg, Harz: $f(s_5 t_5 a_4)$.

Verwitterungstypen des Feldspats.



Fig. 371. Typ. III₁.

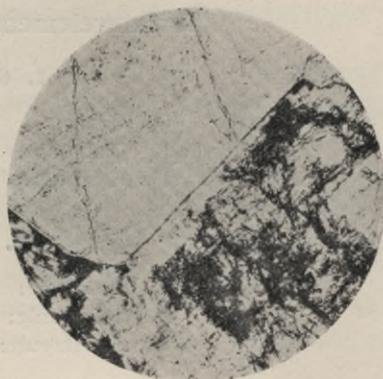


Fig. 372. Typ. III₂.



Fig. 373. Typ. V₂.



Fig. 374. Typ. VI₁.



Fig. 375. Typ. VII₁.



Fig. 376. Typ. VII₂.

763. B. Die für die Prüfung der Granite in Betracht kommenden Strukturelemente und ihre Signatur.

1. Gemengteile.

| | | | |
|-----------------|-------------|-----------------|------------------|
| Q | Quarz; | gl _k | Kaliglimmer; |
| F _o | Orthoklas; | gl _m | Magnesiaglimmer; |
| F _{pl} | Plagioklas; | ks | Eisenkies. |

2. Körnung.

| | | | |
|----------------|---------------|----------------|-------------|
| k ₁ | feinkörnig; | k ₄ | grobkörnig; |
| k ₂ | kleinkörnig; | k ₅ | großkörnig; |
| k ₃ | mittelkörnig; | | |

3. Morphologische Ausbildung des Quarzes.

| | | | |
|-------|---------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------|
| I Q | Quarz in zusammenhängenden Schnüren; | I a Q | Quarzinviduen innig verwachsen; |
| II Q | Quarz in mikropegmatitischen Durchwachsungen; | I b Q | Quarz stark zerklüftet; |
| III Q | Quarz in unvollkommen zusammenhängenden Schnüren; | I c Q | Quarz in rundlichen, miteinander verwachsenen Körnern; |
| IV Q | Quarz in einzelnen Korngruppen; | III a b c | wie oben; |
| V Q | Quarz in isolierten Körnern. | IV a b c | desgl. |

4. Quantitatives Verhältnis von Quarz und Feldspat.

| | | |
|----------------|--------------------------------|--------------------|
| | | Quarz : Feldspat |
| Q ₁ | Quarz sehr spärlich | 1 : 15 und darüber |
| Q ₂ | „ spärlich | 1 : 10 |
| Q ₃ | „ ziemlich reichlich | 1 : 3 |
| Q ₄ | „ sehr reichlich | 1 : 1 |
| Q ₅ | „ vorherrschend | 1,5—2 : 1 |

5. Verwitterungsgrade des Feldspats.

f (s, sp, t, a, z) Typ. I—VII. Näheres s. Abs. 761—762 S. 660 u. f.

6. Mengenverhältnis des Glimmers (gl_k, gl_m) und Gehalt an Eisenkies (ks).

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------|
| gl ₁ ks ₁ | spärlich; | gl ₃ ks ₃ | reichlich; |
| gl ₂ ks ₂ | ziemlich reichlich; | gl ₄ ks ₄ | sehr reichlich. |

7. Gefüge des Granits.

| | | | |
|----------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------|
| c ₁ | sehr kompakt; | c ₄ | etwas locker (miarolitisch) mit vereinzelten größeren Hohlräumen; |
| c ₂ | kompakt mit vereinzelten Hohlräumen; | c ₅ | desgl. mit reichlichen größeren Hohlräumen. |
| c ₃ | desgl. mit reichlichen Hohlräumen; | | |

C. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.

764. Im nachfolgenden ist die mikroskopische Qualitätsbestimmung der Granite in einigen der wichtigeren Strukturtypen erläutert worden¹⁾. Die Strukturformel enthält, unter Anwendung der in Abschn. 763 zusammengestellten Signaturen, die morphologische Ausbildung des Quarzes, den Verwitterungsgrad des Feldspats und das Mengenverhältnis des Glimmers. Die angegebenen Qualitätsziffern Q_1 beziehen sich lediglich auf die vorgenannten Strukturelemente, ohne Rücksicht auf andere Eigenschaften, welche die Wetterbeständigkeit des Gesteins beeinflussen können. Über die Bewertung der Strukturtypen s. S. 673 u. f.

Fig. 377. Granit von Striegau. Sehr reichlicher Quarz in zusammenhängenden, innig verwachsenen Schnüren; Feldspat mit homogener Interferenzfarbe, schwacher Trübung und Spuren von Spaltrissen; Glimmer in reichlicher Menge.

Typ. Ia $Q_4 f (s_1 t_2 h) gl_3$. — Qualitätsklasse: I B.

Fig. 378. Granit von Ilseburg. Reichlicher Quarz in zusammenhängenden Schnüren aus rundlichen, miteinander verwachsenen Körnern; Feldspat mit homogener Interferenzfarbe, schwacher bis ziemlich starker Trübung und geringen Spaltrissen; Glimmer in ziemlich reichlicher Menge.

Typ. Ic $Q_{3-4} f (s_1 t_{2-3} h) gl_2$. — Qualitätsklasse: I : I—II.

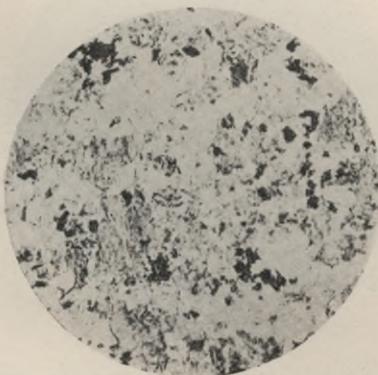


Fig. 377. Typ. Ia.

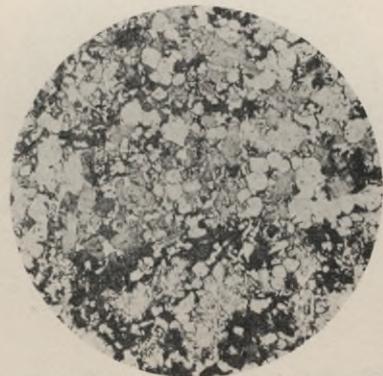


Fig. 378. Typ. Ic.

¹⁾ Für die Bestimmung des ev. Verwitterungsgrades des Feldspats ist eine 50- bis 200malige mikroskopische Vergrößerung erforderlich.

Fig. 379. Granit vom Ilsenstein. Ziemlich reichlicher Quarz in mikropegmatitischer Durchwachsung; Feldspat mit homogener Interferenzfarbe, schwacher bis sehr starker Trübung und geringen Spaltrissen; Glimmer spärlich bis ziemlich reichlich.

Typ. II $Q_3 f (s_2 t_{2-4} h) gl_{1-2}$. — Qualitätsklasse: I C : I.

Fig. 380. Granit von Schreiberhau. Sehr reichlicher, stark zerklüfteter Quarz in unvollkommen zusammenhängenden Schnüren; Feldspat mit sehr starker Aggregatpolarisation, sehr starker bis vollständiger Trübung und reichlichen Spaltrissen; Glimmer in ziemlich reichlicher bis reichlicher Menge.

Typ. III b $Q_4 f (s_4 t_{4-5} a_5) gl_{2-3}$. — Qualitätsklasse: IV.

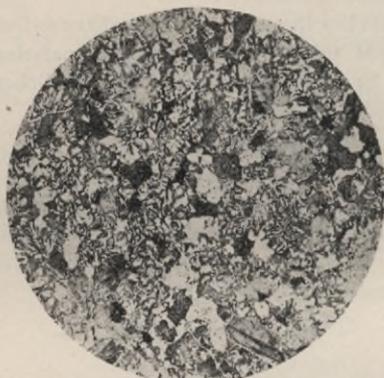


Fig. 379. Typ. II.

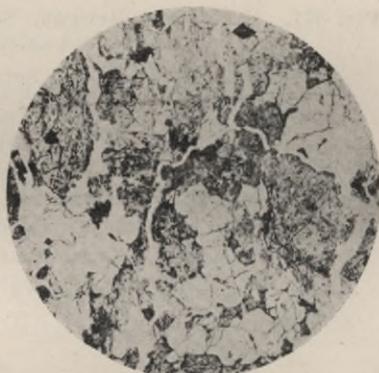


Fig. 380. Typ. III b.

Fig. 381. Granit von Jannowitz. Sehr reichlicher Quarz in zusammenhängenden Schnüren aus rundlichen, miteinander verwachsenen Körnern; Feldspat mit homogener Interferenzfarbe, aber sehr starker Trübung; Glimmer in sehr reichlicher Menge.

Typ. I c $Q_4 f (t_1 h) gl_4$. — Qualitätsklasse: I—II.

Fig. 382. Granit vom Ramberg, Harz. Sehr reichlicher Quarz in zusammenhängenden, innig verwachsenen Schnüren; Feldspat mit homogener Interferenzfarbe, aber starker Trübung; Glimmer in ziemlich reichlicher Menge.

Typ. I a $Q_4 f (t_{3-4} h) gl_3$. — Qualitätsklasse: I—II.

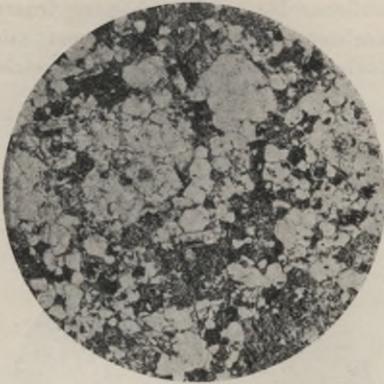


Fig. 381. Typ. I c.

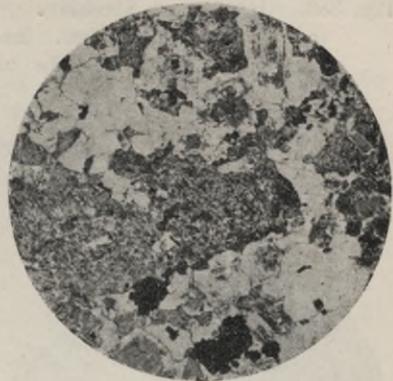


Fig. 382. Typ. Ia.

Fig. 383. Granit von Zobten. Ziemlich spärlicher Quarz in isolierten Körnern; Feldspat mit homogener Interferenzfarbe, sehr schwacher Trübung, aber starken, reichlichen Spaltrissen; Glimmer in spärlichen Blättchen.

Typ. V $Q_{1-2} f (s_4 t_1 h) gl_1$. — Qualitätsklasse: I.

Fig. 384. Granit von Strehlen (?). Vorherrschender Quarz in zusammenhängenden, stark zerklüfteten Schnüren; Feldspat mit homogener Interferenzfarbe und schwacher Trübung; Glimmer in reichlicher Menge.

Typ. Ib $Q_5 f (t_2 h) gl_3$. — Qualitätsklasse: I.

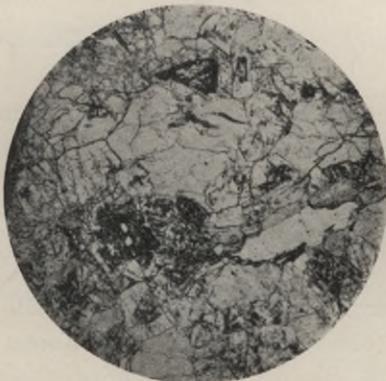


Fig. 383. Typ. V.

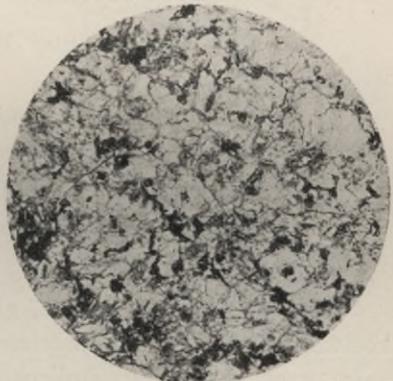


Fig. 384. Typ. Ib.

Fig. 385. Granit von Strehlen. Vorherrschender Quarz in zusammenhängenden, innig verwachsenen Schnüren; Feldspat mit homogener Interferenzfarbe und schwacher Trübung; Glimmer in reichlicher Menge.

Typ. Ia $Q_5 f (t_2 h) gl_3$. — Qualitätsklasse: I C.

Fig. 386. Granit von Strehlen. Sehr reichlicher bis vorherrschender Quarz in zusammenhängenden, innig verwachsenen Schnüren; Feldspat mit homogener Interferenzfarbe und schwacher Trübung; Glimmer in reichlicher Menge.

Typ. Ia Q_{4-5} (t_2 h) gl₃. — Qualitätsklasse: I C.

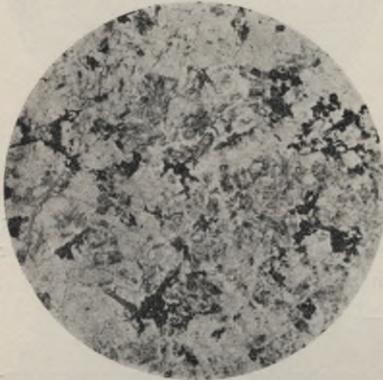


Fig. 385. Typ. Ia.

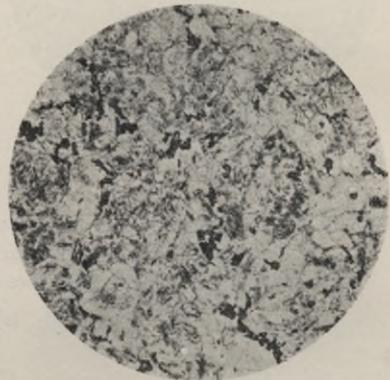


Fig. 386. Typ. Ia.

D. Porosität und Wasseraufsaugung.

765. Die Porosität und Wasseraufsaugungsfähigkeit der Granite ist abhängig:

1. von der mehr oder weniger kompakten Kornbindung bzw. dem Auftreten von Hohlräumen in der Gesteinsmasse;
2. von dem Gehalt an Glimmer;
3. von dem Zersetzungsgrad des Gesteins, insbesondere des Feldspats in demselben.

Bei kompakten, frischen, glimmerarmen Graniten ist der Porositätskoeffizient P meist nicht beträchtlich höher als 1,5 und die Wasseraufsaugung unter gewöhnlichem Druck in der Regel geringer als 0,5 Gew.-%. Zeigt der Feldspat jedoch einen merklichen Verwitterungsgrad, so kann sich P um $\frac{1}{3}$, bei stärkerer Verwitterung sogar um das Doppelte erhöhen. Im allgemeinen steigt hierbei auch der Sättigungskoeffizient S , nicht immer aber in solchem Maße, daß dadurch die Frostbeständigkeit des Gesteins in erheblichem Grade beeinträchtigt wird. Erst wenn der Porositätskoeffizient durch die Verwitterung sich

um mehr als das Doppelte erhöht, pflegt auch S den kritischen Wert von 0,8 zu überschreiten.

Die nachfolgende Zusammenstellung enthält einige Beispiele für die Wasseraufsaugungsfähigkeit frischer und verwitterter Granite.

| Fundort des Granits | a) Frisches Bruchmaterial b) Bauwerk, von welchem die Probe entnommen wurde | Wasseraufsaugung | | | | Porositätskoeffizient P | Sättigungskoeffizient S |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | bei schnellem Eintauchen | bei lang- samem Eintauchen | im Vakuum | bei 150 Atm Druck | | |
| | | W_1 | W_2 | | | | |
| Jannowitz i. Schl. | a) Bruchmaterial | 0,39 | 0,49 | 0,5 | 0,71 | 1,84 | 0,69 |
| | b) Ruine Bolzenschloß Alter ca. 600 J. | 1,14 | 1,52 | 1,64 | 1,73 | 4,25 | 0,879 |
| Strehlen i. Schl. | a) Bruchmaterial | 0,80 | 0,83 | 1,05 | 1,15 | 2,96 | 0,72 |
| | b) Stadtmauer zu Strehlen Alter ca. 200 J. | 2,85 | 3,22 | 3,88 | 3,88 | 9,32 | 0,83 |
| Am Zobten i. Schl. | a) Bruchmaterial | 0,51 | 0,91 | 1,07 | 1,19 | 2,98 | 0,764 |
| | b) Blücher-Denkmal zu Breslau Alter ca. 80 J. | 0,53 | 1,15 | 1,19 | 1,25 | 3,20 | 0,920 |
| Nimptsch i. Schl. | Kirche zu Prauß | | | | | | |
| | a) Jüngerer Teil: ca. 250 J. | 0,76 | 0,97 | 0,976 | 1,23 | 3,15 | 0,789 |
| Strehlen i. Schl. | b) Älterer Teil: ca. 400 J. | 1,29 | 1,53 | 1,85 | 1,86 | 4,69 | 0,822 |
| | a) Bruchmaterial | 0,51 | 0,84 | 0,99 | 1,19 | 3,05 | 0,70 |
| Strehlen i. Schl. | b) Pfarrkirche zu Rothsürben Alter ca. 300 J. | 1,37 | 1,38 | 1,48 | 1,74 | 4,42 | 0,791 |
| | a) Bruchmaterial | 0,62 | 0,86 | 1,12 | 1,42 | 3,68 | 0,60 |
| Strehlen i. Schl. | b) St. Gotthardt-Kirche Alter ca. 400 J. | 1,70 | 1,80 | 2,32 | 2,38 | 5,94 | 0,756 |
| | a) Bruchmaterial | 0,60 | 0,83 | 1,13 | 1,37 | 2,98 | 0,73 |
| Weinberg bei Fulda | Desgl. | 0,46 | 0,83 | 0,832 | 1,07 | 2,77 | 0,776 |
| Trusental bei Herges-Vogtei | Desgl. | 0,28 | 0,50 | 0,59 | 0,69 | 1,82 | 0,73 |

Betreffs Ausführung der Porositätsbestimmung siehe Kap. 8, S. 109 u. f.

E. Die chemische Untersuchung der Granite.

766. Da der Granit, wie die meisten kristallinen Silikatgesteine, lediglich aus gut charakterisierten Mineralien zusammengesetzt ist, deren Bestimmung, auch hinsichtlich ihres Mengenverhältnisses, sich mit Hilfe des Mikroskops leicht bewerkstelligen läßt, so ist die chemische Untersuchung für die Wetterbeständigkeitsprüfung hier meist noch entbehrlicher als bei den sedimentären Felsarten. Zwar läßt sich aus der leichteren Angreifbarkeit der in Zersetzung befindlichen Silikate durch Säuren, sowie aus der chemischen Bestimmung des Gehalts an Alkali-karbonat auf den Verwitterungsgrad des Gesteins schließen, aber auch in dieser Hinsicht liefert die mikroskopische Untersuchung nicht nur zuverlässigere Resultate, sondern ermöglicht zugleich auch die Feststellung der Gefügeänderung, welche durch die Zersetzung der Gemengteile bewirkt worden ist.

Nur in besonderen Fällen, wenn es sich z. B. darum handelt, bei kataklastischen Graniten die Natur der zementierenden Infiltrations-substanz zu bestimmen, oder bei vergleichenden Untersuchungen den Gehalt an Eisenkies festzustellen, dürfte die chemische Analyse zur Ergänzung der sonstigen Prüfungsmethoden Verwendung finden. Das hierbei einzuschlagende Verfahren wird dem jeweiligen Zweck der Untersuchung anzupassen sein (s. Kap. 9 S. 124).

Kapitel 65.

Die systematische Ausführung der Prüfung.

767. Die **Beschreibung des Gesteins** behufs Identifizierung des untersuchten Materials mit den Lieferungen des Steinbruchs, hat folgende Eigenschaften zu berücksichtigen, soweit sich dieselben nach ihrer Erscheinungsweise feststellen lassen:

1. Farbe des Gesamtgesteins und seiner einzelnen Bestandteile (Feldspat, Quarz, Glimmer), 2. Größe und Gleichmäßigkeitsgrad der Körnung, 3. Mengenverhältnis und morphologische Ausbildung der Bestandteile, 4. Beschaffenheit des Feldspats (frisch, bzw. mehr oder weniger verwittert, beurteilt nach Glanz, Durchsichtigkeitsgrad, Härte und Färbung), 5. Akzessorische Gemengteile, 6. Allgemeine Strukturverhältnisse (durchaus massig, andeutungsweise geschichtet, porphyrisch).

768. Für die eigentliche **Prüfung** kommt die Bestimmung folgender Gesteinseigenschaften in Betracht:

1. Die Druck- bezw. Zugfestigkeit, nach Kap. 6 S. 53 u. f.¹⁾
2. Die Abnutzungshärte (für Straßenbaumaterialien), nach Kap. 7 B S. 89 u. f.
3. Das Raumgewicht, nach Kap. 8 S. 107 u. f.
4. Der Porositätsgrad und die Wasseraufnahme, nach Abs. 200—207 S. 109 u. f.
5. Die Erweichbarkeit in Wasser, nach Abs. 302 S. 193²⁾.
6. Die Mikrostruktur:
 - a) Feldspatvarietät (Orthoklas, Plagioklas).
 - b) Beschaffenheit des Feldspats (frisch bezw. mehr oder weniger zersetzt) s. Kap. 64 A S. 658 u. f.
 - c) Morphologische Ausbildung des Quarzes (in isolierten Körnern, Schnüren usw.) s. Kap. 63 A S. 651 u. f.
7. Die Frostbeständigkeit:³⁾
 - a) Theoretische Frostprüfung durch Bestimmung des Sättigungskoeffizienten nach Abs. 327 S. 220;
 - b) Experimentelle Frostprüfung nach S. 227 u. f.
8. Der Gehalt an Eisenkies.

Die Bestimmung wird an möglichst zahlreichen Proben mittels der Lupe bewirkt.
9. Der Wetterbeständigkeitsgrad nach Maßgabe der Bewertungsschemata S. 673 u. f. unter Berücksichtigung der tektonischen Ausbildung des Gesteins im Bruch.

¹⁾ Die Bestimmung der Kornbindungsfestigkeit ist für die kristallinen Silikatgesteine im allgemeinen entbehrlich, weil sie in der Regel gleich oder größer ist als die Festigkeit der vorwaltenden Gemengteile an sich. Nur bei porösem Gefüge (miarolitischer Struktur) ist die Bindungsfestigkeit aus dem Porositätskoeffizienten und der Druck- bezw. Zugfestigkeit nach Kap. 12 S. 181 u. f. zu berechnen.

²⁾ Die Untersuchung dient hier lediglich dazu, den Grad der etwaigen Verwitterung zu bestimmen und ist deshalb bei Graniten mit vollkommen frischem Feldspat entbehrlich.

³⁾ Die Prüfung auf Frostbeständigkeit kann bei Graniten mit frischem Feldspat im allgemeinen fortfallen, da die frische Beschaffenheit des Gesteins auch eine Gewähr für seine Widerstandsfähigkeit gegen Frostwirkung bietet. Nur wenn das Gestein einen besonders reichlichen Glimmergehalt besitzt oder von sehr lockerem Gefüge ist, wie andererseits bei nicht mehr ganz frischem Gestein, wird die Frostprüfung angezeigt erscheinen.

Schemata zur Qualitäts-

769. Hauptschema für die Bewertung der morphologischen Ausbildung

| Morphologische Ausbildung d. Quarzes (s. Abs. 763, S. 665) | Feldspattypen | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | I ₁ | I ₂ | I _{3,4} | I ₅ | II ₁ | II ₂ | II ₃ | III ₁ |
| | Qualitäts- | | | | | | | |
| Ia Q ₅ | 0,25 | 0,35 | 0,45 | 0,60 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| „ Q ₄ | 0,26 | 0,36 | 0,46 | 0,61 | 0,71 | 0,81 | 1,0 | 1,1 |
| Ib Q ₅ | 0,35 | 0,45 | 0,60 | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 1,05 | 1,2 |
| „ Q ₄ | 0,36 | 0,46 | 0,61 | 0,76 | 0,86 | 0,96 | 1,06 | 1,3 |
| Ic Q ₅ | 0,27 | 0,35 | 0,41 | 0,62 | 0,72 | 0,82 | 1,01 | 1,11 |
| „ Q ₄ | 0,28 | 0,37 | 0,48 | 0,63 | 0,73 | 0,83 | 1,02 | 1,12 |
| II Q ₅ | 0,26 | 0,36 | 0,46 | 0,61 | 0,71 | 0,81 | 1,0 | 1,1 |
| „ Q ₄ | 0,27 | 0,37 | 0,47 | 0,62 | 0,72 | 0,82 | 1,01 | 1,12 |
| „ Q ₃ | 0,29 | 0,39 | 0,49 | 0,64 | 0,74 | 0,84 | 1,03 | 1,14 |
| „ Q ₂ | 0,32 | 0,42 | 0,52 | 0,67 | 0,77 | 0,87 | 1,06 | 1,17 |
| IIIa Q ₅ | 0,35 | 0,45 | 0,55 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,09 | 1,2 |
| „ Q ₄ | 0,37 | 0,47 | 0,57 | 0,72 | 0,82 | 0,92 | 1,11 | 1,24 |
| „ Q ₃ | 0,39 | 0,49 | 0,59 | 0,74 | 0,84 | 0,94 | 1,13 | 1,26 |
| IIIb Q ₅ | 0,43 | 0,53 | 0,61 | 0,78 | 0,89 | 0,98 | 1,17 | 1,30 |
| „ Q ₄ | 0,47 | 0,57 | 0,67 | 0,82 | 0,93 | 1,02 | 1,21 | 1,34 |
| „ Q ₃ | 0,52 | 0,62 | 0,72 | 0,87 | 0,97 | 1,07 | 1,26 | 1,39 |
| IIIc Q ₅ | 0,43 | 0,51 | 0,61 | 0,76 | 0,86 | 0,96 | 1,15 | 1,28 |
| „ Q ₄ | 0,44 | 0,54 | 0,64 | 0,79 | 0,89 | 0,99 | 1,18 | 1,31 |
| „ Q ₃ | 0,49 | 0,59 | 0,69 | 0,84 | 0,94 | 1,04 | 1,23 | 1,36 |
| IVa Q ₄ | 0,55 | 0,63 | 0,73 | 0,88 | 0,98 | 1,08 | 1,27 | 1,40 |
| „ Q ₃ | 0,56 | 0,66 | 0,76 | 0,91 | 1,01 | 1,11 | 1,30 | 1,43 |
| „ Q ₂ | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,95 | 1,05 | 1,15 | 1,34 | 1,47 |
| IVb Q ₄ | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,95 | 1,05 | 1,15 | 1,34 | 1,47 |
| „ Q ₃ | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 1,00 | 1,10 | 1,20 | 1,39 | 1,52 |
| „ Q ₂ | 0,73 | 0,83 | 0,93 | 1,08 | 1,18 | 1,28 | 1,47 | 1,60 |
| IVc Q ₄ | 0,58 | 0,68 | 0,78 | 0,93 | 1,03 | 1,13 | 1,32 | 1,45 |
| „ Q ₃ | 0,61 | 0,71 | 0,81 | 0,97 | 1,06 | 1,16 | 1,35 | 1,48 |
| „ Q ₂ | 0,71 | 0,81 | 0,92 | 1,06 | 1,16 | 1,26 | 1,45 | 1,58 |
| V Q ₄ | 0,72 | 0,82 | 0,92 | 1,07 | 1,22 | 1,27 | 1,45 | 1,59 |
| „ Q ₃ | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 1,10 | 1,25 | 1,30 | 1,49 | 1,62 |
| „ Q ₂ | 0,79 | 0,89 | 0,99 | 1,19 | 1,29 | 1,39 | 1,53 | 1,66 |

Die Bewertungsziffern 0,25, 0,5, 0,75, 1, 1,5 2 usw. entsprechen der

bestimmung der Granite.

des Quarzes und des ev. Verwitterungsgrades des Feldspats.

(s. Abs. 726 S. 660 u. f.).

| III ₂ | III ₃ V ₁ | III ₄ IV ₁ V ₂ | IV ₂ | V ₃ | VI ₁ | VI ₂ | VII ₁ | VII ₂ |
|------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| ziffern: | | | | | | | | |
| 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,8 | 2,0 | 2,3 | 2,4 | 2,8 |
| 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 1,9 | 2,1 | 2,4 | 2,7 | 3,0 |
| 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 2,2 | 2,7 | 3,2 | 3,6 |
| 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2,1 | 2,4 | 2,9 | 3,7 | 4,0 |
| 1,31 | 1,51 | 1,71 | 1,91 | 1,91 | 2,11 | 2,41 | 2,6 | 3,0 |
| 1,32 | 1,52 | 1,72 | 1,92 | 1,92 | 2,12 | 2,42 | 3,0 | 3,3 |
| 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 1,9 | 2,1 | 2,4 | 2,8 | 3,2 |
| 1,31 | 1,51 | 1,71 | 1,91 | 1,91 | 2,11 | 2,41 | 3,0 | 3,40 |
| 1,33 | 1,53 | 1,73 | 1,93 | 1,93 | 2,13 | 2,43 | 3,40 | 3,75 |
| 1,36 | 1,56 | 1,76 | 1,96 | 1,96 | 2,16 | 2,46 | 3,80 | 4,10 |
| 1,39 | 1,59 | 1,79 | 1,99 | 1,99 | 2,19 | 2,49 | 2,84 | 3,24 |
| 1,41 | 1,61 | 1,81 | 2,01 | 2,01 | 2,22 | 2,52 | 3,14 | 3,54 |
| 1,43 | 1,63 | 1,83 | 2,03 | 2,03 | 2,24 | 2,56 | 3,42 | 3,62 |
| 1,47 | 1,67 | 1,87 | 2,07 | 2,05 | 2,28 | 2,61 | 3,38 | 3,80 |
| 1,51 | 1,71 | 1,91 | 2,11 | 2,10 | 2,33 | 2,66 | 3,53 | 3,95 |
| 1,56 | 1,76 | 1,93 | 2,16 | 2,16 | 2,39 | 2,72 | 3,60 | 4,20 |
| 1,45 | 1,65 | 1,85 | 2,05 | 2,05 | 2,26 | 2,58 | 3,04 | 3,44 |
| 1,48 | 1,68 | 1,89 | 2,07 | 2,07 | 2,30 | 2,63 | 3,35 | 3,75 |
| 1,53 | 1,73 | 1,94 | 2,11 | 2,11 | 2,34 | 2,67 | 3,60 | 4,00 |
| 1,57 | 1,72 | 1,92 | 2,37 | 2,17 | 2,38 | 2,69 | 3,12 | 4,00 |
| 1,59 | 1,76 | 1,96 | 2,41 | 2,20 | 2,41 | 2,72 | 3,22 | 4,20 |
| 1,63 | 1,80 | 2,00 | 2,45 | 2,24 | 2,45 | 2,76 | 3,33 | 4,40 |
| 1,63 | 1,80 | 2,00 | 2,45 | 2,24 | 2,45 | 2,76 | 3,33 | 4,40 |
| 1,68 | 1,88 | 2,05 | 2,48 | 2,29 | 2,50 | 2,82 | 3,48 | 4,54 |
| 1,76 | 1,96 | 2,13 | 2,58 | 2,37 | 2,58 | 2,90 | 3,54 | 4,65 |
| 1,61 | 1,81 | 2,01 | 2,45 | 2,24 | 2,45 | 2,76 | 3,31 | 4,15 |
| 1,64 | 1,84 | 2,05 | 2,50 | 2,29 | 2,50 | 2,82 | 3,45 | 4,30 |
| 1,74 | 1,94 | 2,10 | 2,55 | 2,34 | 2,55 | 2,88 | 3,54 | 4,45 |
| 1,75 | 1,92 | 2,12 | 2,57 | 2,36 | 2,57 | 2,90 | 3,62 | 4,60 |
| 1,78 | 1,95 | 2,15 | 2,60 | 2,39 | 2,60 | 2,94 | 3,72 | 4,75 |
| 1,82 | 1,99 | 2,19 | 2,64 | 2,43 | 2,64 | 3,00 | 3,90 | 5,00 |

Reihe nach den Qualitätsklassen IA, IB, IC, I, I-II, II usw.

zur Bewertung des Glimmergehalts, der Körnung, Dichtigkeit des Gefüges und des Gehalts an Eisenkies.

| | | Qualitätsziffer nach dem Hauptschema S. 673—674: | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------|--------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 |
| Glimmergehalt: ¹⁾ | | Ergänzungsziffern: | | | | | | | | | | | |
| g_1^1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| g_2^1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| g_3^1 | + 0,05 | + 0,05 | + 0,05 | + 0,1 | + 0,15 | + 0,2 | + 0,3 | + 0,4 | + 0,5 | + 0,6 | + 0,7 | + 0,8 | — |
| g_4^1 | 0,1 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | — |
| Körnung: | | | | | | | | | | | | | |
| k_1 | — | — | — | — 0,2 | — 0,25 | — 0,3 | — 0,35 | — 0,4 | — 0,45 | — 0,5 | — 0,55 | — 0,65 | — |
| k_2 | — | — | — | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | — |
| k_3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| k_4 | + 0,03 | + 0,04 | + 0,05 | + 0,07 | + 0,09 | + 0,12 | + 0,16 | + 0,20 | + 0,24 | + 0,28 | + 0,32 | + 0,36 | — |
| k_5 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | — |
| Dichtigkeit des Gefüges: | | | | | | | | | | | | | |
| c_1 | — | — | — | + 0,1 | + 0,15 | + 0,2 | + 0,25 | + 0,3 | + 0,35 | + 0,4 | + 0,45 | + 0,5 | — |
| c_2 | + 0,05 | + 0,05 | + 0,05 | + 0,1 | + 0,15 | + 0,2 | + 0,25 | + 0,3 | + 0,35 | + 0,4 | + 0,45 | + 0,5 | — |
| c_3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | — |
| c_4 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | — |
| c_5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | — |

2. Ergänzungstabelle zur Bewertung des Sättigungskoeffizienten S

771.

| | | Qualitätsziffern nach dem Hauptschema und der I. Ergänzungstabelle | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| Sättigungskoeffizient S bzw. S_r | | Ergänzungsziffern: | | | | | | | | | | | | | |
| 0,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0,8 | + 0,5 | + 0,58 | + 0,68 | + 0,84 | + 0,94 | + 1,04 | + 1,14 | + 1,24 | + 1,34 | + 1,44 | + 1,54 | + 1,64 | + 1,74 | + 1,84 | — |
| 0,85 | 1,0 | 1,08 | 1,18 | 1,34 | 1,50 | 1,60 | 1,70 | 1,80 | 1,90 | 2,00 | 2,10 | 2,20 | 2,30 | 2,40 | — |
| 0,9 u. darüber | 1,5 | 1,58 | 1,68 | 2,14 | 2,30 | 3,40 | 3,50 | 3,60 | 3,70 | 3,80 | 3,90 | 4,00 | 4,10 | 4,20 | — |
| Anmerkung: Ist die Wasseraufsaugung W_2 geringer als 0,32 Gew.-%, so wird der Sättigungskoeffizient S nach der Formel $\frac{7}{8} \frac{W_2}{W_0}$ reduziert und nach diesem Wert von S_r die Qualitätsziffer bestimmt. | | | | | | | | | | | | | | | |

Eisenkiesgehalt:

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| ks_1 | + 0,2 | + 0,21 | + 0,22 | + 0,4 | + 0,41 | + 0,42 | + 0,43 | + 0,44 | + 0,45 | + 0,46 | + 0,47 | + 0,48 | — |
| ks_2 | 0,3 | 0,32 | 0,34 | 0,6 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | — |
| ks_3 | 0,5 | 0,53 | 0,56 | 0,8 | 0,81 | 0,82 | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | — |
| ks_4 | 0,7 | 0,74 | 0,78 | 1,2 | 1,21 | 1,22 | 1,23 | 1,24 | 1,25 | 1,26 | 1,27 | 1,28 | — |

¹⁾ Über die Bedeutung der Signatur s. Abs. 763 S. 665.

772. Beispiel für die Verwendung der Schemata zur Qualitätsbestimmung.

Ein Granit enthält reichlichen Quarz in innig verwachsenen zusammenhängenden Schnüren ohne Zerklüftung (Ia Q₄); der Feldspat zeigt homogene Interferenzfarbe, aber starke Trübung ohne Poren und Spaltrisse (Typ. III). Somit ist die Bewertungsziffer nach dem Hauptschema S. 673 = 1,1

Der Glimmergehalt ist nicht sehr reichlich (gl₂), kommt daher nach der 1. Erg.-Tab. S. 675 nicht in Betracht.

Die Körnung ist grob (k₄): Erg.-Ziffer nach der 1. Erg.-Tab. = + 0,07

Das Gefüge ist kompakt, mit vereinzelt Hohlräumen (c₂): Erg.-Ziffer nach der 1. Erg.-Tab. = + 0,1

Der Eisenkiesgehalt ist spärlich (ks₁): Erg.-Ziffer nach der 1. Erg.-Tab. = + 0,4

1,67

Der Sättigungskoeffizient wurde zu 0,8 bestimmt: Erg.-Ziffer nach der 2. Erg.-Tab. S. 676 zwischen 0,58 und 0,68, also = ca. 0,63

Summe 2,30

Das Gestein gehört demnach der Qualitätsklasse II: II—III an.

Kapitel 66.

Anleitung zur praktischen Beurteilung der Granite nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften und ihrer Erscheinungsweise im Bruch.

773. Die für den Wetterbeständigkeitsgrad der Granite in erster Linie maßgebenden Eigenschaften, nämlich die Frische des Feldspats sowie die Menge und morphologische Ausbildung des Quarzes, lassen sich bei grobkörnigen Abänderungen schon mit bloßem Auge, bei feinkörnigen aber mit Hilfe einer scharfen Lupe ziemlich sicher erkennen. Ist der Feldspat auf den Bruchflächen noch vollkommen glasglänzend, so darf das Gestein selbst bei spärlichem Quarzgehalt als erstklassig bezeichnet werden. Erhöht wird die Qualitätsklasse des Materials durch reichlichen Quarz, zumal wenn derselbe in zusammenhängenden Schnüren ausgebildet ist; ferner durch das Zurücktreten des Glimmers, gänzliche Abwesenheit von Eisenkies und sehr kompakte Struktur. Aber selbst wenn der Feldspat ziemlich matt bis trübe erscheint, seine Härte jedoch noch so beträchtlich ist, daß er sich mit der Stahlnadel nur schwer ritzen läßt, wird das Gestein ein ziemlich gutes Baumaterial liefern, falls der Quarz in reichlicher Menge und in zusammenhängenden Körnern auftritt. In dem Maße, wie der Feldspat mürber, andererseits aber der

Quarz spärlicher wird, verringert sich die Qualität des Gesteins, und es findet überdies eine progressive Verminderung seines Beständigkeitsgrades statt, wenn der Glimmer- und insbesondere der Eisenkiesgehalt steigt und die Dichtigkeit des Gefüges abnimmt. Granite mit sehr trübem und wenig hartem Feldspat gehören, selbst bei reichlichem Quarz, zu den minderwertigen und bei geringem Quarzgehalt zu den ganz schlechten Baumaterialien.

774. Im allgemeinen pflegt in feinkörnigen Graniten der Feldspat frischer sowie die Struktur kompakter zu sein als in den grobkörnigen Abänderungen, und es erklärt sich hieraus die Tatsache, daß die feinkörnigen Materialien in der Regel von besonderer Wetterfestigkeit sind. Größere Feldspatkörner neigen zur Zerklüftung, namentlich wenn sie bereits im Bruchgestein feine Spaltrisse enthalten, eine Erscheinung, welche mit Sicherheit jedoch nur in Dünnschliffen unter dem Mikroskop nachweisbar ist.

775. Zeigt der Granit im Bruch dünnplattige Ablösungen, so müssen die Trennungsflächen an den gewonnenen Platten stark abgearbeitet werden, damit nicht im Bauverbande eine weitere Abschlüferung erfolgt, was namentlich dann zu befürchten ist, wenn das Material zur Verblendung von Sockelmauerwerk in feuchtem Baugrunde verwendet wird.

776. Eine beträchtliche Verminderung ihrer Beständigkeitsdauer erleiden die bereits in der Erdrinde angewitterten Granite im Wasser, weshalb bei Auswahl des Materials zu Wasserbauten, aber auch zum Straßenbau, auf die völlig frische Beschaffenheit des Feldspats ganz besonders zu achten ist.

777. Die Frostbeständigkeit ist bei frischen Graniten mit kompaktem Gefüge eine so vollkommene, daß eine besondere Prüfung dieserhalb unnötig erscheint. Frostschäden treten an derartigem Material nur dann auf, wenn sich beim Absprengen oder beim Bearbeiten desselben Spalten gebildet haben. Bei Graniten mit poriger (miarolitischer) Struktur jedoch, sowie bei solchen, deren Gefüge durch starke Verwitterung des Feldspats bereits beträchtlich gelockert ist, bedarf es behufs Prüfung des Frostbeständigkeitsgrades der Bestimmung des Sättigungskoeffizienten nach der in Abs. 574 S. 478 gegebenen Methode, und zwar mit der Abänderung, daß die rechtwinkligen Probestücke nur eine Kantenlänge von ca. $0,5 \times 1 \times 2$ cm haben dürfen.

Das spezifische Gewicht des Granitpulvers wird bei der betreffenden Berechnung im Durchschnitt mit 2,65 anzunehmen sein. Ist die Wasseraufsaugung W_2 geringer als 0,6 Gew.-% bzw. 0,6 bis 0,9 Gew.-%, so ist der gefundene Sättigungskoeffizient mit $\frac{3}{4}$ bzw. $\frac{7}{8}$ zu multiplizieren und der hiernach sich ergebende Wert Sr der Beurteilung des Gesteins zugrunde zu legen.

778. Sind die Strukturelemente eines granitischen Gesteins (s. Abs. 763 S. 665) nach der äußeren Erscheinungsweise desselben näherungsweise bestimmt worden, so kann man die Bewertungsschemata Abs. 769 bis 771 S. 673 benutzen, um einen Anhalt für die Schätzung der Qualitätsklasse des Materials zu erlangen.

779. Für die Beurteilung der Granite nach ihrer Erscheinungsweise im Steinbruch sind im allgemeinen die Gesichtspunkte maßgebend, welche bereits in Abs. 758 S. 657 bei Besprechung der tektonischen Ausbildung der granitischen Gesteinsmassen dargelegt worden sind. Zeigt die Oberfläche des Gesteins eine stark rostbraune Färbung, so ist auf einen beträchtlichen Gehalt an Eisenkies zu schließen. Ist anzunehmen, daß die Gesteinsoberfläche jahrhundertlang den Atmosphärien ausgesetzt war, und erweist sie sich trotzdem noch vollkommen fest und der Feldspat in ihr wenig zersetzt, so darf das Gestein als wetterbeständig betrachtet werden, während stärkere Verwitterungserscheinungen im Steinbruch nicht ohne weiteres zu dem Schluß berechtigen, daß das Material auch im Bauverbande ein gleich ungünstiges Verhalten zeigen wird. Im übrigen gelten auch hier die Ausführungen in Abs. 579 S. 482.

XI. Teil.

Die Gneise, Glimmerschiefer und die ihnen verwandten Gesteine, sowie ihre Prüfung.

Kapitel 67.

Allgemeine petrographische Charakteristik.

A. Gneis.

780. Der Gneis ist eine kristallinisch-körnige, geschichtete, zum Teil schiefrige Gesteinsart, welche im wesentlichen aus Quarz, Feldspat und Glimmer besteht. Der Feldspat kann sowohl Orthoklas als auch Plagioklas sein, der Glimmer Muskovit und Biotit. Mitunter findet sich statt des Glimmers, oder auch mit diesem gemeinsam, Hornblende bezw. Augit. Feldspat und Quarz bilden meistens ein regelloses körniges Gemenge, in welchem schuppig aggregierter Glimmer, mehr oder weniger reichlich, in parallelen Schichten oder faserig eingelagert ist. Nach der mineralogischen Zusammensetzung teilt man die Gneise in Glimmergneis, Hornblende- und Augitgneis ein.

781. 1. Glimmergneis. Diese Gneise sind am meisten verbreitet und werden daher auch als Gneis kurzweg bezeichnet. Der Feldspat ist Plagioklas und Orthoklas; der Glimmer teils Biotit, teils Muskovit oder auch Serizit. Je nach der Varietät des vorhandenen Glimmers unterscheidet man Biotitgneis, Muskovitgneis, zweiglimmerigen Gneis und Serizitgneis. Der Serizit erscheint meist in Form feinfasriger, filziger Aggregate von grünlichgelber Farbe. Wird der Glimmer ganz oder teilweise durch Chlorit oder Kalk ersetzt, so bezeichnet man das Gestein als Chloritgneis bezw. Protogingneis.

Von akzessorischen Gemengteilen treten im Gneis namentlich auf: Kordierit, Granat, Turmalin, Epidot, Rutil, Magnetit, Titaneisen, Eisenglanz, Eisenkies und Graphit. Auch finden sich als sekundäre Bildungen mitunter Karbonate und Sulfate. Nimmt die Menge der einzelnen akzessorischen Gemengteile beträchtlich zu, so entstehen: Kordieritgneis, Granatgneis, Epidotgneis, Eisenglimmergneis und Graphitgneis.

782. Nach der makroskopischen Textur unterscheidet man folgende Varietäten:

a) Körnig-schuppiger Gneis. In dem körnigen Quarz-Feldspatgemenge tritt der Glimmer in kleineren oder größeren schuppigen Lamellen auf, die zwar parallel angeordnet sind, sich aber nicht berühren.

b) Flasriger Gneis. Der reichlich vorhandene Glimmer bildet zusammenhängende „Flasern“, welche die meist linsenförmigen Feldspatkörner umhüllen.

c) Körnig-flasriger Gneis. In der körnigen Feldspat-Quarzmasse sind spärlich langgestreckte parallele Glimmerfasern enthalten, die sich seitlich nicht berühren.

d) Schieferiger Gneis, Schiefergneis. Der Glimmer bildet zusammenhängende Schichtlagen, welche die einzelnen, dünneren oder dickeren Lagen der körnigen Feldspat-Quarzmasse vollkommen voneinander trennen.

e) Lagengneis. Glimmerreiche und glimmerarme Quarz-Feldspatlagen wechseln miteinander ab.

f) Stengliger Gneis, Stengelgneis oder Holzgneis. Langgestreckte, stenglige Quarz-Feldspatpartien werden von Glimmer umhüllt.

g) Porphyrischer Gneis. Größere Feldspatkristalle, gestreckte Quarzkörner und kleinere Glimmerfasern liegen in einer feinkörnigen Grundmasse.

h) Augengneis. Flasriger Gneis mit großen rundlichen Feldspat-, seltener Quarzausscheidungen.

i) Dichter Gneis (Cornubianitgneis). Gestein mit äußerst feinkörnigen Gemengteilen; phyllitisch-schiefrig bis unvollkommen parallel struiert.

783. 2. Hornblendegneis (Amphibolgneis). Der Hornblendegneis bildet in der Regel ein nur unvollkommen parallel struiertes Gestein, das vorwiegend aus Feldspat, Quarz und Hornblende besteht, zuweilen auch untergeordnet Biotit enthält. Unter den Feldspäten herrscht Plagioklas vor, mitunter in solchem Maße, daß der Orthoklas nahezu verschwindet. Quarz ist meist in geringerer Menge vorhanden als bei den Glimmergneisen. Die Schichtung wird vorzugsweise durch den Wechsel von mehr oder weniger hornblendereichen Lagen bedingt. An akzessorischen Gemengteilen finden sich namentlich Granat, Titaneisen, Epidot, mitunter auch Karbonate.

784. 3. Augitgneis (Pyroxengneis). Das Gestein besteht hauptsächlich aus Feldspat, Quarz und Pyroxen. Der Feldspat kommt als Anorthit, Labradorit, Oligoklas, Albit, auch wohl als Orthoklas vor.

An akzessorischen Bestandteilen treten neben denjenigen der übrigen Gneisvarietäten namentlich Skapolith und Wollastonit auf. Die Augitgneise sind meistens feinkristallinisch, nur zuweilen deutlich schiefrig, oft aber streifig gebändert. In der Regel kommen sie in linsenförmigen Einlagerungen in der Gneisformation vor.

B. Glimmerschiefer.

785. Der Glimmerschiefer ist ein deutlich geschichtetes, schiefriges, kristallinisches Gestein, welches hauptsächlich aus Glimmer und Quarz besteht. Der Glimmer tritt in isolierten Schuppen und Blättern oder in zusammenhängenden Lagen auf, und zwar als Muskovit oder als Biotit; auch können beide Glimmer gemeinsam vorkommen. Der Quarz bildet entweder rundliche Körner, welche den parallelen Glimmerschuppen eingelagert sind, oder, wenn er in größerer Menge auftritt, flache Linsen. Bisweilen sind die Quarzlinsen so zahlreich und überwiegend vorhanden, daß sie nur durch äußerst dünne Glimmerblättchen voneinander getrennt erscheinen. Nach der Varietät des Glimmers unterscheidet man: 1. Muskovitschiefer, 2. Biotitschiefer, 3. Zweiglimmerigen Schiefer. Als akzessorische Gemengteile finden sich namentlich Feldspat, Granat, Turmalin, Eisenglanz, Eisenkies und Graphit; die betreffenden Gesteine bezeichnet man als Gneisglimmerschiefer (bei Feldspatgehalt), Granatglimmerschiefer, Eisenglimmerschiefer, Graphitglimmerschiefer usw.

Die Struktur der Glimmerschiefer ist mehr oder weniger vollkommen schiefrig, je nach dem Vorwalten oder Zurücktreten des Glimmers. (Mitunter findet sich auf den Spaltflächen eine regelmäßige Faltenbildung gefaltete Glimmerschiefer). Wechseln Glimmer und Quarz in einzelnen stärkeren Lagen miteinander ab, so entsteht eine gebänderte Struktur (Lagenglimmerschiefer).

786. An die eigentlichen Glimmerschiefer schließen sich folgende Abarten an:

a) Serizitschiefer. Der Glimmer ist durch Serizit ersetzt, welcher membranöse Einlagerungen von feinfilzig-filziger Beschaffenheit bildet. Tritt zu den wesentlichen Gemengteilen (Quarz und Serizit) noch Feldspat untergeordnet hinzu, so geht das Gestein in den Serizitgneis über, bei mikrokristalliner Ausbildung der Gemengteile in den Serizitphylit.

b) Kalkglimmerschiefer. In einer körnigen Grundmasse von Kalkspat und Quarz liegen parallele Schuppen, Fasern und Membranen von bläulich-grauem oder silberweißem Glimmer. Ist der Glimmer durch Talk ersetzt, so wird das Gestein als Kalktalkschiefer bezeichnet.

c) Dolomitmümmerschiefer. Ein schiefriges Gemenge von feinkörnigem Dolomit mit Glimmerschüppchen.

d) Paragonitschiefer. Ein grünlich bis gelblich weiß gefärbter Glimmerschiefer, der anstatt des Muskovits Natronglimmer (Paragonit) enthält. Das Gestein ist meist reich an akzessorischen Mineralien, besonders an Cyanit, Staurolith und Rutil.

Kapitel 68.

Die Mikrostruktur der Gneise und kristallinen Schiefer, sowie die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit.

787. Die gneisartigen Gesteine sind von analoger mineralogischer Zusammensetzung wie die granitischen, unterscheiden sich aber von diesen, abgesehen von einem meist höheren Glimmergehalt, durch ihre geschichtete bis schiefrige Struktur. Wie die Verwitterbarkeit der sedimentären Gesteine, so wird auch die der kristallinen Silikatgesteine durch eine derartige Ausbildung bis zu einem gewissen Grade erhöht.

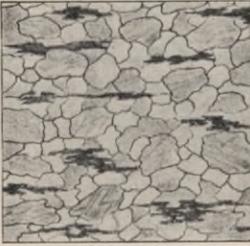


Fig. 387.

Als Ursache hierfür ist vornehmlich die stärkere Wasseraufsaugung zwischen den Schichtfugen anzusehen. In der Tat erweisen sich die Gneise unter sonst gleichen Verhältnissen um so wetterbeständiger, je mehr sie sich in ihrer Struktur den Graniten nähern, d. h.

je weniger Glimmer sie enthalten und, was damit meist in Zusammenhang steht, je weniger stark ihre Schichtung bzw. Schieferung ausgebildet ist (s. Fig. 387). Es gibt Gneise, wie z. B. gewisse sächsische Vorkommnisse,



Fig. 388.



Fig. 389.

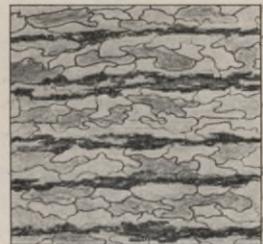


Fig. 390.

welche bei sehr geringem Glimmergehalt eine so wenig hervortretende Schichtung besitzen, daß man sie in kleineren Handstücken fast

für Granite halten könnte, und solche Gesteine pflegen auch hinsichtlich ihrer Wetterbeständigkeit den Graniten annähernd gleichzukommen. Schädlich wirkt jeder größere Glimmergehalt, und zwar in höherem Grade, wenn das Gestein zugleich sehr dünnschichtig und schiefrig ausgebildet ist; weniger ungünstig erweist sich die grobschichtige und flasrige Struktur (s. Fig. 388). Am wenigsten wetterbeständig sind diejenigen Gneise, bei denen sich der Glimmer zu ein bis mehrere Millimeter dicken Lagen anhäuft, besonders wenn diese sich in geringen Abständen gleichmäßig wiederholen. Auch die krummschichtigen Gneise (s. Fig. 389) pflegen zu den schlechteren Gesteinen zu gehören. Daneben ist das Mengenverhältnis zwischen Quarz und Feldspat für den Wetterbeständigkeitsgrad von maßgebender Bedeutung. In gewissen Gneisen ist der Feldspat so untergeordnet, daß das Gestein sich dem Glimmerschiefer nähert, und solche Abänderungen sind unter sonst gleichen Umständen erheblich wetterfester als die feldspatreichen. Als gute Gesteine haben sich trotz hohen Feldspatgehalts auch diejenigen erwiesen, bei welchen der Quarz in zusammenhängenden Zwischenlagen auftritt. Zu beachten ist überdies die Art der Verwachsung von Quarz und Feldspat. Äußerst kompakt und widerstandsfähig pflegt das Gestein zu sein, wenn die Verwachsung eine zahnförmige oder lappige ist (s. Fig. 390), lockerer und weniger haltbar dagegen, wenn die Kontaktflächen glatt sind.

788. Bei alledem ist aber zu berücksichtigen, ob der Feldspat vollständig frisch oder bereits im Bruchgestein mehr oder weniger zersetzt ist. Dieser Umstand wird naturgemäß von um so größerer Bedeutung sein, je beträchtlicher der Feldspatgehalt ist. Hinsichtlich des Quarzes sei noch bemerkt, daß derselbe in den besseren Gesteinen von kompakter, grobkristallinischer Ausbildung ist, während die schlechteren und namentlich dünnschiefriigen Gneise den Quarz meist in einer eigentümlich feinkörnigen, fast sandartigen Ausbildung enthalten. Unter den hier untersuchten Gneisen befinden sich auch solche, in welchen der Glimmer teilweise oder gänzlich durch Hornblende ersetzt wird. Soweit die Beobachtungen reichen, ist dieser Ersatz als ein günstiger zu bezeichnen. Namentlich erweisen sich die Hornblendeschiefer im allgemeinen als sehr wetterbeständige Gesteine. Zur Prüfung gelangte auch eine Anzahl geschichteter bis schiefriger glimmerhaltiger Quarzite von schlesischen Fundstätten, die zum Bau von ca. 300 Jahre alten Festungswerken bzw. Futtermauern derselben verwendet worden waren. Diese Gesteine haben sich um so besser gehalten, je grobkristallinischer und glimmerärmer sie waren. Bis zu bedeutender Tiefe aufgelockert

erwiesen sich jedoch diejenigen glimmerreichen Abänderungen, bei welchen der Quarz von feinkörniger, sandartiger Beschaffenheit war. Einige für die vorliegenden Untersuchungen zur Einsendung gelangten sehr dünnschiefrigen Phyllite haben in ca. 300 Jahre alten Bauwerken eine vollständige Zersetzung und Auflockerung erfahren.

Es mag diese kurze Darlegung über die Ursachen der Verwitterbarkeit der geschichteten, kristallinen Silikatgesteine hier genügen, da für die Beurteilung derselben im übrigen die bereits bei den granitischen Gesteinen angeführten Kriterien Geltung finden.

789. Auch die **Ausführung der Prüfung** erfolgt nach der für Granite angegebenen Methode (s. Kap. 65 S. 671) unter Berücksichtigung der besonderen Strukturausbildung der geschichteten Silikatgesteine (s. Kap. 69). Die für die Beschreibung des Gesteins in Betracht kommenden Verhältnisse s. in Abs. 780—786 S. 680 u. f. Bewertungsschemata s. Abs. 796—798 S. 689 u. f.

Kapitel 69.

A. Die für die Prüfung der Gneise und kristallinen Schiefer in Betracht kommenden Strukturelemente nebst deren Signatur.

790. 1. Morphologische Ausbildung der Glimmerlagen.

- Gl I₁₋₄ Glimmerlagen vollkommen kontinuierlich;
 Die Indizes bedeuten: 1 vollkommen flasrig, 2 unvollkommen flasrig, 3 ebenflächig, 4 gefaltet.
- Gl II₁₋₄ Glimmerlagen unvollkommen kontinuierlich (Bedeutung der Indizes wie vorher);
- Gl III Glimmer in ziemlich reichlichen, aber getrennten größeren Lamellen;
- Gl IV Glimmer in spärlichen kleinen Lamellen;
- e ebenflächige Ausbildung der Glimmerlagen;
- u unebene Ausbildung der Glimmerlagen.

791. 2. Schichtungs- (s) bzw. Schieferungstypen (σ).

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>s₁ σ_1 sehr dünnschichtig bzw. sehr vollkommen schiefrig;</p> <p>s₂ σ_2 dünnschichtig bzw. vollkommen schiefrig;</p> <p>s₃ σ_3 mittelstarke Schichtung bzw. ziemlich vollkommene Schieferung;</p> | <p>s₄ σ_4 ziemlich dickschichtig bzw. unvollkommen schiefrig;</p> <p>s₅ σ_5 sehr dickschichtig bzw. sehr unvollkommen schiefrig.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

792. 3. Mengenverhältnis von Quarz und Feldspat.

- | | |
|-------------------------------------------------------|------------------------------|
| Q_1 Quarz spärlich; | Q_4 Quarz vorherrschend; |
| Q_2 Quarz ziemlich reichlich; | Q_5 Feldspat nur spärlich. |
| Q_3 Quarz und Feldspat in annähernd gleicher Menge; | |

793. 4. Art der Kornbindung.

- i Quarz und Feldspat mit glatten Kontakt­rändern;
- a Quarz und Feldspat gezahnt bzw. lappig verwachsen.

794. 5. Verwitterungsgrad des Feldspats.

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| f_1 frisch bis ziemlich frisch, entsprechend den Typen I_{1-3} , | } s. Abs. 762 S. 660 u. f. |
| f_2 ziemlich stark zersetzt, entsprechend den Typen I_4 und II_{1-2} , | |
| f_3 stark zersetzt, entsprechend den Typen III_{1-2} , | |
| f_4 sehr stark zersetzt, entsprechend den Typen IV_{1-2} . | |

795. B. Beispiele für die Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.



Fig. 391.



Fig. 392.

Fig. 391. Gneis von Klein-Waltersdorf. Glimmer in ziemlich reichlichen, aber getrennten, ebenflächigen Lamellen ($Gl III_3$); mittelstarke, ebenflächige Schichtung ($\frac{e}{s_3}$); Quarz und Feldspat in annähernd gleicher Menge, mit glatten Kontaktflächen ($\frac{Q_3}{i}$); Feldspat wenig angewittert (f_{1-2}).

$$Gl III_3 \frac{e}{s_3} \frac{Q_3}{i} f_{1-2}. \text{ Qualitätsziffer: } 0,95.$$

Fig. 392. Gneis von Holzberg (Kr. Neiße). Glimmer in wenig reichlichen Lamellen (Gl III—IV); ziemlich dicke, unebene Schichtung ($\frac{u}{s_4}$); Quarz vorherrschend und mit Feldspat gezahnt verwachsen ($\frac{Q_4}{a}$); Feldspat ziemlich stark bis stark angewittert (f_{2-3}).

$$\text{Gl III—IV } \frac{u}{s_4} \frac{Q_4}{a} f_{2-3}. \quad \text{Qualitätsziffer: 0,99.}$$

Verwendung: Sockel der Kirche zu Patschkau in Schles. Alter: 500 J. Erhaltungszustand: Deutliche Spuren der Verwitterung; geringe Festigkeitsverminderung; Qualitätsklasse: IC—I.

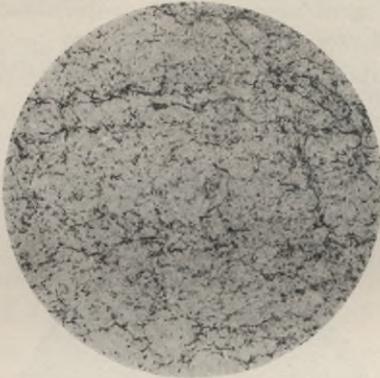


Fig. 393.

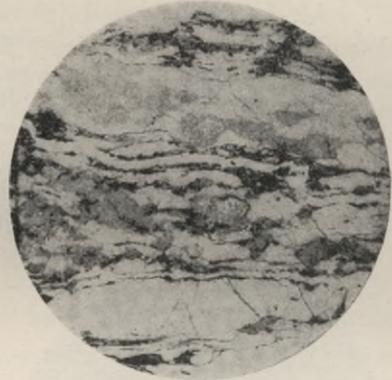


Fig. 394.

Fig. 393. Gneis von Hertwigswalde bei Kamenz. Glimmer in spärlichen, ebenflächigen Lamellen (Gl IV₃); Gestein ebenflächig dickschichtig ($\frac{e}{s_5}$); Feldspat nur in sehr geringfügiger Menge und mit dem Quarz in glatten Kontaktflächen verwachsen ($\frac{Q_5}{i}$), aber vollkommen frisch (f_1).

$$\text{Gl IV}_3 \frac{e}{s_5} \frac{Q_5}{i} f_1. \quad \text{Qualitätsziffer: 0,30.}$$

Fig. 394. Gneis von Neuhaus (Kr. Neiße). Glimmer in vereinzelt, ziemlich kontinuierlichen Lagen (Gl $\frac{I}{II}^3$); Gestein ebenflächig dickschichtig ($\frac{e}{s_5}$); Feldspat nur in sehr geringfügiger Menge und mit dem Quarz in glatten Kontaktflächen verwachsen ($\frac{Q_6}{i}$), ziemlich stark angewittert (f_2).

$$\text{Gl } \frac{I}{II}^3 \frac{e}{s_5} \frac{Q_6}{i} f_2. \quad \text{Qualitätsziffer: 1,05.}$$

Verwendung: Stadtmauer zu Patschkau in Schles. Alter: 400 J. Erhaltungszustand: Ziemlich beträchtliche Oberflächenverwitterung und Festigkeitsverminderung; Qualitätsklasse I—II: II. Red. I: I—II.

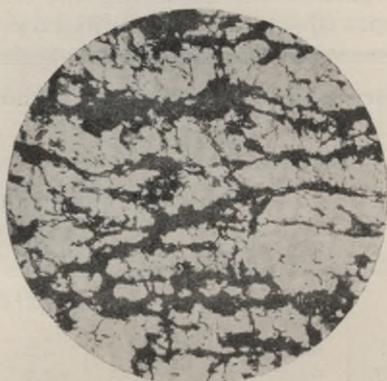


Fig. 395.



Fig. 396.

Fig. 395. Glimmerschiefer von der Bahnlinie Ziegenhals-Niclasdorf (Kr. Neiße). Glimmer in vollkommen kontinuierlichen, ebenflächigen bis unvollkommen fasrigen Lagen (GI_{2-3}); Gestein ebenflächig-dickschichtig ($\frac{e}{s_5}$); Feldspat nur in vereinzelt Körnchen (Q_5).

$$GI_{2-3} \frac{e}{s_5} Q_5. \text{ Qualitätsziffer: } 0,60.$$

Verwendung: Turm des Obertores zu Ziegenhals. Alter 300 J. Erhaltungszustand: Spuren von Oberflächenverwitterung, ohne Festigkeitsverminderung. Qualitätsklasse IC.

Fig. 396. Glimmerschiefer von Holzberg (Kr. Neiße). Glimmer in vollkommen kontinuierlichen, gestauchten Lagen (GI_4); unebene, mittelstarke Schichtung ($\frac{u}{s_3}$); Feldspat nur in vereinzelt Körnchen (Q_5).

$$GI_4 \frac{u}{s_3} Q_5. \text{ Qualitätsziffer: } 0,60.$$

Verwendung: Sockel der kathol. Kirche zu Patschkau. Alter: 500 J. Erhaltungszustand: Deutliche Spuren von Oberflächenverwitterung und Festigkeitsverminderung. Qualitätsklasse IC:I. Red. IB-C.

Kapitel

Schemata zur Bewertung der Strukturtypen

796.

Grund

zur Bewertung der morphologischen Ausbildung und des Feldspat (Q₁₋₅) und des Verwitterungs

| Mengenverhältnis von Quarz und Feldspat | Morphologische Ausbildung und Verwitterungsgrad | | | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Gl I | | | | Gl II | | | |
| | f ₁ | f ₂ | f ₃ | f ₄ | f ₁ | f ₂ | f ₃ | f ₄ |
| | Qualitäts | | | | | | | |
| Q ₁ | 1,06 | 2,26 | 3,8 | 6,0 | 0,96 | 2,0 | 3,32 | 5,25 |
| Q ₂ | 0,96 | 2,0 | 3,32 | 5,25 | 0,86 | 1,72 | 2,85 | 4,5 |
| Q ₃ | 0,86 | 1,72 | 2,85 | 4,5 | 0,75 | 1,48 | 2,38 | 3,70 |
| Q ₄ | 0,75 | 1,48 | 2,38 | 3,7 | 0,65 | 1,25 | 1,49 | 2,95 |
| Q ₅ | 0,60 | 1,20 | 1,44 | 2,89 | 0,50 | 0,90 | 1,35 | 1,5 |

¹⁾ Über die Bedeutung der Signaturen s. Abs. 790—794 S. 685 u. f. — Für die

797.

1. Ergänzungs

zur Bewertung der Quarz-Feldspatverwachsung bezw.

| Quarz-Feldspatverwachsung bzw. Körnung des Quarzes. | Qualitätsziffern | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------|--------|--------|-------|--------|--------|---|
| | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | |
| | Ergän | | | | | | |
| a Kompakte Verwachsung mit gezahnten Kontaktflächen . . . | — | — | — | — | — | — | — |
| i ₁ Kompakte Verwachsung mit glatten Kontaktflächen | — | — | — | — | — | — | — |
| i ₂ Ziemlich lockere Verwachsung . . | + 0,1 | + 0,1 | + 0,1 | + 0,2 | + 0,3 | + 0,4 | |
| i ₃ Sandartiger Quarz mit lockerer Verwachsung | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | |
| Eisenkiesgehalt bei vorherrschendem Magnesiaglimmer | | | | | | | |
| ks ₁ Kaliglimmer | + 0,3 | + 0,32 | + 0,34 | + 0,6 | + 0,61 | + 0,62 | |
| ks ₂ ks ₂ | 0,5 | 0,53 | 0,56 | 0,8 | 0,81 | 0,82 | |
| ks ₃ ks ₄ | 0,7 | 0,74 | 0,78 | 1,2 | 1,21 | 1,22 | |
| ks ₄ — | 0,9 | 0,94 | 0,98 | 1,4 | 1,41 | 1,42 | |

70.

des Gneises und der kristallinen Schiefer.

schema

Mengenverhältnisses von Glimmer (Gl I—IV), Quarz und grades des Feldspats (f₁₋₄). ¹⁾

| Mengenverhältnis des Glimmers | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Gl III | | | | Gl IV | | | |
| des Feldspats: | | | | | | | |
| f ₁ | f ₂ | f ₃ | f ₄ | f ₁ | f ₂ | f ₃ | f ₄ |
| ziffern | | | | | | | |
| 0,86 | 1,72 | 2,85 | 4,5 | 0,75 | 1,48 | 2,38 | 3,70 |
| 0,75 | 1,48 | 2,30 | 3,70 | 0,65 | 1,25 | 1,49 | 2,95 |
| 0,65 | 1,25 | 1,49 | 2,95 | 0,55 | 0,95 | 1,4 | 2,1 |
| 0,55 | 0,95 | 1,4 | 2,1 | 0,45 | 0,65 | 0,95 | 1,83 |
| 0,40 | 0,60 | 0,90 | 1,77 | 0,30 | 0,33 | 0,38 | 0,50 |

Bewertung des Glimmerschiefers sind die Qualitätsziffern zu Q₁ u. f₁ maßgebend.

tabelle

der Körnung des Quarzes und des Gehalts an Eisenkies.

| nach dem Grundschemata | | | | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| zungenziffern: | | | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — |
| + 0,5 | + 0,6 | + 0,7 | + 0,8 | + 0,9 | + 1,0 | + 1,1 | + 1,2 |
| 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 |
| + 0,63 | + 0,64 | + 0,65 | + 0,66 | + 0,67 | + 0,68 | + 0,69 | + 0,70 |
| 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,88 | 0,89 | 0,90 |
| 1,23 | 1,24 | 1,25 | 1,26 | 1,27 | 1,28 | 1,29 | 1,30 |
| 1,43 | 1,44 | 1,45 | 1,46 | 1,47 | 1,48 | 1,49 | 1,50 |

798. **2. Ergänzungstabelle**
zur Bewertung des Sättigungskoeffizienten S_r

| Sättigungs- koeffizient S bzw. S_r | Qualitätsziffern nach dem Hauptschema und der 1. Ergänzungstabelle | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| 0,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0,8 | + 0,5 | + 0,58 | + 0,68 | + 0,84 | + 0,94 | + 1,04 | + 1,14 | + 1,24 | + 1,34 | + 1,44 | + 1,54 | + 1,64 | + 1,74 | + 1,84 |
| 0,85 | 1,0 | 1,08 | 1,18 | 1,34 | 1,50 | 1,60 | 1,70 | 1,80 | 1,90 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 |
| 0,9 und darüber | 1,5 | 1,58 | 1,68 | 1,84 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 |
| Ergänzungsziffern: | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0,8 | + 0,5 | + 0,58 | + 0,68 | + 0,84 | + 0,94 | + 1,04 | + 1,14 | + 1,24 | + 1,34 | + 1,44 | + 1,54 | + 1,64 | + 1,74 | + 1,84 |
| 0,85 | 1,0 | 1,08 | 1,18 | 1,34 | 1,50 | 1,60 | 1,70 | 1,80 | 1,90 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 |
| 0,9 und darüber | 1,5 | 1,58 | 1,68 | 1,84 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 |

Anmerkung: Ist die Wasseraufsaugung W_2 geringer als 0,32 Gew.-%, so wird der Sättigungskoeffizient S nach der Formel $\frac{7}{8} \frac{W_2}{W_c}$ reduziert und nach dem sich ergebenden Werte von S_r die Qualitätsklasse bestimmt.

XII. Teil.

Die Syenite, Diorite, Diabase und die ihnen verwandten Gesteine, sowie ihre Prüfung.

Kapitel 71.

Allgemeine petrographische Charakteristik.

799.

A. Syenit.

Mit dem Namen Syenit werden kristallinisch-körnige, massige Gesteine bezeichnet, welche im wesentlichen aus Orthoklas und Hornblende bestehen. Akzessorische Gemengteile sind vorzugsweise: Plagioklas, Glimmer, Quarz, Titanit, Magnetit und Apatit. Durch parallele Anordnung tafelförmig ausgebildeter Orthoklaskristalle erhält das Gestein eine gewisse Parallelstruktur (Syenitgneis). Scheiden sich in der mittel- oder feinkörnigen Syenitmasse größere Feldspatkristalle aus, so wird das Gestein als porphyrtiger Syenit bezeichnet. Wird die Hornblende gänzlich oder zum größten Teil durch Magnesiaglimmer ersetzt, so entsteht der Glimmersyenit.

800.

B. Diorit.

Der Diorit bildet kristallinisch-körnige, massige Gesteine, welche im wesentlichen aus Plagioklas und Hornblende zusammengesetzt sind. Untergeordnet treten auf: Biotit, Apatit, Magnetit, Titaneisen und Quarz. Als weitere akzessorische Gemengteile können vorkommen: Orthoklas, Pyroxen, Granat, Eisenkies. In selteneren Fällen ist der Plagioklas nahezu reiner Kalkfeldspat, wie dies namentlich für den

Kugeldiorit zutrifft, dessen Gemengteile eine kugelig-schalige Anordnung zeigen. In manchen Dioriten ist der Gehalt an Quarz so beträchtlich und tritt in dem Mineralgemenge so gleichmäßig auf, daß er als wesentlicher Bestandteil zu betrachten ist: Quarzdiorite. Wird die Hornblende ganz oder zum größten Teil durch Biotit ersetzt, so entsteht der Glimmerdiorit. Die untergeordneten und akzessorischen Gemengteile sind dieselben wie in den Hornblende-Dioriten. Auch kommen Quarz-Glimmerdiorite vor. Als Kersantit bezeichnet man die feinkörnigen Glimmerdiorite, in welchen größere Blätter von Biotit porphyrisch ausgeschieden sind. Ist das dioritische Mineralgemenge so feinkörnig, daß es mit bloßem Auge nicht mehr deutlich unterschieden werden kann, so nennt man das Gestein Diorit-Aphanit.

801.

C. Diabas.

Als Diabase werden kristallinisch-körnige, massige Gesteine bezeichnet, welche wesentlich aus Plagioklas und Augit bestehen. Untergeordnet finden sich: chloritische Substanzen, Titaneisen, Magneteisen und wenig Apatit. Akzessorisch können vorkommen: Hornblende, Orthoklas, Biotit, Olivin, Eisenkies und als sekundäres Produkt Kalzit. In manchen Diabasen ist Quarz in beträchtlicher Menge enthalten, und solche Gesteine nennt man Quarzdiabase. Diabase, deren Gemengteile von außerordentlicher Kleinheit sind, heißen Diabas-Aphanite. Sie sind häufig geschichtet bis schiefrig. Durch starke Anhäufung sphärolithischer Bildungen (Variolen) in dem aphanitischen Diabasgestein entstehen die Variolite, früher Blattersteine genannt, mit welchem Namen jetzt Diabasaphanite bezeichnet werden, welche reichlich Kalkspatkügelchen enthalten. Die Variolen sind dagegen Silikatkügelchen von jaspisartigem Aussehen, und da sie sehr wetterbeständig sind, bilden sie auf der verwitterten Gesteinsoberfläche warzenförmige Erhöhungen. Diabas-Mandelsteine nennt man feinkörnige Diabase mit mandelförmigen Hohlräumen, die zunächst mit Delessit überrindet und durch Kalkspat und Eisenocker, seltener durch Silikate, ausgefüllt sind. Wird der Augit ganz oder teilweise durch Varietäten dieses Minerals vertreten, so entstehen Salit-, Enstatit- oder Hypersthen-Diabase.

802.

D. Gabbro.

Mit diesem Namen bezeichnet man kristallinisch-körnige, massige Gesteine, welche vorwiegend aus Plagioklas und Diallag bestehen. Untergeordnet treten Titaneisen bezw. Magnetit, mitunter auch Olivin auf. Akzessorisch können vorkommen: Hornblende und Magnesiaglimmer.

Der Plagioklas ist meist als zusammenhängender, grobkörniger Gemengteil ausgebildet, der Diallag in größeren isolierten Partien, doch kommen auch Abänderungen mit vorherrschendem Diallag und untergeordnetem Feldspat vor. Bei reichlichem Olivinegehalt geht das Gestein in den Olivinegabbro über.

Bemerkenswert ist es, daß der Gabbro trotz seiner kalkreichen Plagioklase nur selten und dann immer nur in Spuren Kalkkarbonat als Zersetzungsprodukt aufweist; desto häufiger findet eine Umwandlung des Feldspats in Saussurit statt, welcher eine sehr feste und äußerst zähe Substanz bildet. Der Diallag zeigt Umbildungen in eine uraltische Hornblende, während der Olivin vielfach zu Serpentin verwittert erscheint.

Wegen seiner Festigkeit und Zähigkeit bildet der Gabbro ein vorzügliches Schottermaterial.

803. Sind die syenitischen und dioritischen Gesteine so feinkörnig ausgebildet, daß ihre Gemengteile mit bloßem Auge nicht mehr deutlich unterschieden werden können, so wird das Gestein als Aphanit bezeichnet¹⁾. Für die gleiche Ausbildungsform der Augitgesteine, insbesondere der olivinreichen, soll die Bezeichnung Melaphyr, welche früher lediglich für diese Gesteine in Gebrauch war und jetzt von den Petrographen auch auf die deutlich porphyrische Ausbildungsform derselben übertragen worden ist, in dem älteren Sinne beibehalten werden.

Kapitel 72.

A. Die Mikrostruktur der körnigen Hornblende- und Augitgesteine, sowie die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit.

804. Nach dem Mengenverhältnis der Gesteinsbestandteile und ihrer Verbindungsweise lassen sich namentlich folgende Ausbildungsformen unterscheiden:

¹⁾ Es mag an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß es für die technische Gesteinslehre nicht zweckmäßig erscheint, in allen Fällen der weitgehenden Spezialisierung und der derselben entsprechenden Nomenklatur zu folgen, welche durch die neuere petrographische Forschung zur Einführung gelangt ist. Was in wissenschaftlicher und namentlich geologischer Hinsicht zur Trennung wesentlich gleichartig zusammengesetzter Gesteine veranlaßt, hat für die technische Gesteinslehre nur dann eine Bedeutung, wenn die fraglichen Unterschiede zugleich eine erhebliche Verschiedenheit der technischen Eigenschaften des Materials bedingen. Die älteren petrographischen Bezeichnungen sind deshalb überall da beibehalten worden, wo durch sie Gesteine von wesentlich gleichartiger Zusammensetzung und Struktur systematisch zusammengehalten werden.

Typ. I. Feldspat vorherrschend und als grobkristallinische, zusammenhängende Masse ausgebildet, in der mehr oder weniger reichlich Hornblende bezw. Augit in isolierten, meist unregelmäßig begrenzten Kristallkörnern eingelagert ist. Dieser Typus findet sich vorzugsweise bei den Hornblendegesteinen; s. Fig. 397 S. 698.

Typ. II. Feldspat vorherrschend und von symplexer Ausbildung, d. h. ein zusammenhängendes, zelliges Kristallaggregat bildend, in dessen Zwischenräumen Augit, seltener Hornblende, in isolierten Partien eingeschlossen ist. Häufige Ausbildungsform der Augitgesteine; s. Fig. 399 S. 698.

Typ. IIIa. Augit bezw. Hornblende vorherrschend und von symplexer Ausbildung; Feldspat untergeordnet.

Typ. IIIb. Feldspat vorherrschend; Augit bezw. Hornblende untergeordnet und von symplexer Ausbildung. Häufige Strukturform mikrokristalliner Augitgesteine; s. Fig. 401 S. 699.

Typ. IV. Feldspat und Augit in nahezu gleicher Menge und dispergenter Anordnung, d. h. ohne Ausbildung eines dieser Gemengteile in Form eines zusammenhängenden Netzwerks. Dieser Typus findet sich bei manchen Diabasen und Melaphyren.

Typ. V. Hornblende- und Augitgesteine mit kataklastischer Struktur; Ausfüllung der Spalten durch Kalkspat; s. Fig. 402 S. 699.

805. Wetterbeständigkeit der Gesteine des Typ. I. Da der Zusammenhang der Gesteinsmasse hier lediglich durch den Feldspat bedingt wird, so hängt der Beständigkeitsgrad des Materials in erster Linie von der mehr oder weniger frischen Beschaffenheit und dem kompakten bezw. lockeren Gefüge des genannten Gemengteils ab.

Ist der Feldspat vollkommen frisch und überdies kompakt ausgebildet, wie z. B. bei dem Syenit aus dem Plauenschen Grunde, und zeigt auch die Hornblende keinen erheblichen Verwitterungsgrad, so können solche Gesteine hinsichtlich ihrer Wetterfestigkeit den besten Graniten gleichgestellt werden¹⁾.

¹⁾ In der Umgegend von Dresden ist der genannte Syenit vielfach zu Gartenmauern wie auch zum Sockelmauerwerk an Jahrhunderte alten Gebäuden verwendet worden und hat sich überall vortrefflich erhalten. Die Oberfläche der Werksteine erscheint durch den Witterungseinfluß lediglich etwas geglättet, und die Hornblendekörner sind stellenweise nur wenig ausgenagt. Das Gestein übertrifft daher die Granite von mittlerer Qualität und kommt den besseren Sorten vollkommen gleich. Übrigens zeigt der Feldspat in vielen grobkörnigen Syeniten eine so frische Beschaffenheit, wie sie sich bei granitischen Gesteinen nur selten findet.

Aber selbst wenn die Hornblende im Bruchmaterial bereits serpentinisiert ist, kann das Gestein bei frischem Feldspat, falls derselbe vorherrschend ist, noch als vollkommen wetterfest betrachtet werden. Ist dagegen der Feldspat zersetzt, oder zeigt er eine starke Zerklüftung (s. Fig. 400 S. 698), so wird das Gestein als wetterunbeständig zu bezeichnen sein.

Ein namhafter Eisenkiesgehalt wirkt auf die Diorite wegen der leichteren Zersetzbarkeit des Plagioklases beträchtlich ungünstiger ein als auf die orthoklashaltigen Syenite.

Für die Qualitätsbestimmung der Syenite und Diorite vom Typ. I kann das Bewertungsschema der Granite mit untergeordnetem Quarz Typ. V Q₂ S. 674 sinngemäße Verwendung finden.

806. Wetterbeständigkeit der Gesteine des Typ. II. Maßgebend für die Qualität dieser Gesteine ist im allgemeinen der mehr oder weniger vollkommene Zusammenhang der Feldspatkristalle untereinander und ihre frische Beschaffenheit bzw. ihr Zersetzungsgrad. Bei günstiger Ausbildung dieser Verhältnisse können die untergeordnet eingeschlossenen Hornblende- bzw. Augitkörner namhafte Verwitterungserscheinungen zeigen, ohne daß dadurch die Qualität des Materials eine sehr erhebliche Einbuße erleidet. Sind sämtliche Gemengteile von frischer Beschaffenheit, so darf jedoch auch bei unvollkommenem Zusammenschluß der Feldspatkristalle das Gestein als wetterbeständig gelten.

Ist der Augit von schwarzer oder schwarzgrüner Farbe, so besitzt er meist einen namhaften Gehalt an Eisenoxyd und Tonerde und ist dann der Verwitterung bedeutend leichter zugänglich als die hell gefärbten Varietäten (s. die Fußnote auf S. 697). Die augitischen Gesteine enthalten z. T. mehr oder weniger reichlich Chlorit und auch Olivin. Namentlich der letztere Bestandteil pflegt bereits im Bruchmaterial angewittert zu sein und vermag alsdann, wenn er sehr reichlich auftritt, einen ungünstigen Einfluß auf die Beständigkeit des Gesteins auszuüben.

807. Wetterbeständigkeit der Gesteine des Typ. IIIa. Diese hornblende- bzw. augitreichen Felsarten gehören zu den widerstandsfähigsten Gesteinsmaterialien, und selbst wenn die genannten Bestandteile nicht mehr vollkommen frisch sind, erleidet das Gestein in Jahrhunderte alten Bauwerken nur eine mäßige Verwitterung, falls die

Hornblende bezw. der Augit den hell gefärbten Varietäten dieser Mineralien angehört¹⁾.

808. Wetterbeständigkeit der Gesteine des Typ. IIIb. Gesteine dieser Art erfordern im allgemeinen einen vollkommen frischen Feldspat, um wetterfest zu sein, doch kann ein reichlicher Gehalt an Hornblende bezw. Augit den ungünstigen Einfluß eines geringen Verwitterungsgrades des Feldspats ausgleichen.

809. Wetterbeständigkeit der Gesteine des Typ. IV. Sind die Gemengteile derartig dispergent angeordnet, daß keiner derselben für sich ein zusammenhängendes Aggregat bildet, so ist das Gestein nur dann als wetterbeständig zu bezeichnen, wenn der Feldspat noch vollkommen frisch ist und Hornblende bezw. Augit keine bedeutende Verwitterung aufweisen. Erscheint der Feldspat bereits stark getrübt, so wird das Material im Bauverbände eine verhältnismäßig schnelle Verwitterung namentlich dann erleiden, wenn 1. der Augit der eisenoxyd- und tonerdehaltigen Varietät angehört; 2. ein reichlicher Olivin gehalt vorhanden ist; 3. das Gestein in beträchtlicher Menge einen eisenreichen, glasartigen Nebenbestandteil besitzt, der bereits eine rostfarbige Verwitterungsrinde erkennen läßt oder 4. die einzelnen Gemengteile eine starke Zerklüftung aufweisen.

810. Wetterbeständigkeit der Gesteine des Typ. V. Gesteine dieser Art erweisen sich, namentlich bei Verwendung zu Bauteilen in feuchtem Erdreich oder zu Wasserbauten, als unbeständig und, falls sie Eisenkies enthalten, in jedem Falle als gänzlich untaugliche Materialien.

811. Die Ausführung der Prüfung erfolgt nach der für Granite angegebenen Methode (s. Kap. 65 S. 671) unter Berücksichtigung der besonderen Strukturverhältnisse der Hornblende- und Augitgesteine.

Für die Beschreibung des Gesteins s. die Ausführungen in Abs. 799—803 S. 692 u. f.

¹⁾ Während die hellfarbigen Augite sich vorzugsweise in Serpentin umwandeln, pflegen die eisenoxyd- und tonerdehaltigen schwarzen Augite zu sog. Grünerde zu verwittern, welche mehr oder weniger reichlich von Kalkspat durchwachsen erscheint. Namentlich macht sich dieser Zersetzungsprozeß in ungünstiger Weise bei gewissen Diabasen und Melaphyren geltend. In Bauwerken von 50 bis 100 Jahren fanden sich derartige Gesteine vollständig rostbraun durchfärbt und an Stelle der zersetzten Augitpartikel traten rundliche Ausfüllungen auf, die im Äußeren aus Grünerde, im Inneren aber aus Kalkspat bestanden.

812. B. Beispiele für die Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.

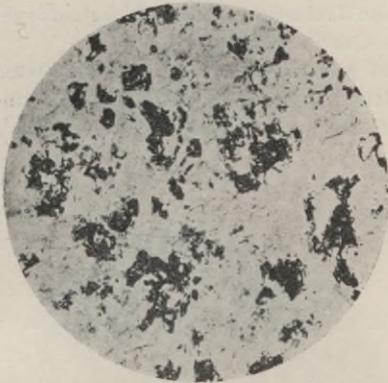


Fig. 397. Typ. I.



Fig. 398. Typ. II.

Fig. 397. Syenit von Meißen. Typ. I. Vorwiegend grobkristalliner, roter Kalifeldspat, als zusammenhängende Grundmasse ausgebildet, in der unregelmäßig begrenzte Hornblendekörner ziemlich reichlich eingelagert sind. Der Feldspat ist so vollkommen frisch, wie man ihn bei den granitischen Gesteinen nur selten antrifft. Qualitätsklasse: IC.

Fig. 398. Diorit von Allendorf, Reg.-Bez. Wiesbaden. Typ. II. Vorwiegend leistenförmige Kristalle von Plagioklas, welche ein symplexes Aggregat bilden, in dessen Zwischenräumen Hornblende in scharf umgrenzten, z. T. automorphen Partien eingelagert ist.

Verwendung: Schloßruine bei Allendorf. Alter 800 J. Erhaltungszustand: Geringe Oberflächenverwitterung ohne erhebliche Festigkeitsverminderung. Qualitätsklasse: IA.



Fig. 399. Typ. II.



Fig. 400.

Fig. 399. Diabas vom Leßberg, Kr. Schmalkalden. Typ. II. Vorwiegend Plagioklas in tafelförmigen Kristallen von symplexer Aggregation. In den Zwischenräumen Augit in scharf umgrenzten Partien eingelagert.

Verwendung: Straßenmaterial im Kreise Schmalkalden. Erhaltungszustand: Vortrefflich wetterbeständig. Qualitätsklasse: IC.

Fig. 400. Diabas von Teschen. Vorwiegend grobkristalliner, stark zerklüfteter Plagioklas als zusammenhängende Grundmasse ausgebildet, in der unregelmäßig begrenzte Körner und Schnüre von Augit eingelagert sind. Qualitätsklasse: I—II.

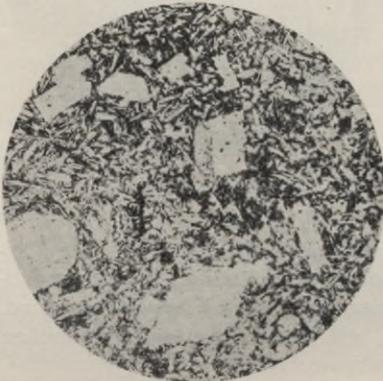


Fig. 401. Typ. IIIb.

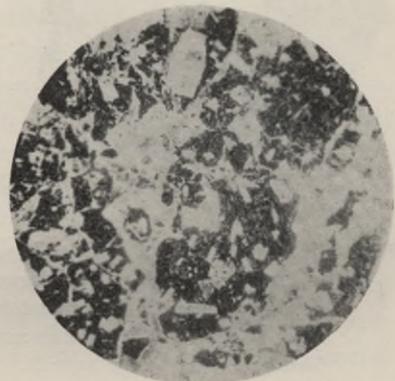


Fig. 402. Typ. V.

Fig. 401. Melaphyr aus dem Ausbruch des Bockspiel-Tunnels. Typ. IIIb. Untergeordnet Augit als symplexe Zwischenmasse. Sehr reichlich Plagioklas in dünnen, leistenförmigen Kristallen, z. T. porphyrisch in größeren Individuen ausgeschieden.

Fig. 402. Melaphyr aus dem Ausbruch des Bockspiel-Tunnels. Typ. V. (Vergr. 80 ×.) Vorherrschend Augit in symplexer Ausbildung. Plagioklas in automorphen Kristallen eingelagert. Kataklastische Struktur mit Kalkspat als Ausfüllungsmittel der feinen Risse und der größeren unregelmäßigen Spalten.

Verwendung: Bahnunterführung auf der Strecke zwischen Kronweiler und Heimbach. Alter 34 J. Erhaltungszustand: Mehr oder weniger verwittert, z. T. so stark, daß bereits Auswechselungen erforderlich geworden sind. Die Widerlager stehen auf nassem Baugrund. Qualitätsklasse: VI.

XIII. Teil.

Die Porphyre und ihre Prüfung.

Kapitel 73.

Allgemeine petrographische Charakteristik.

813. Mit dem Namen Porphyr werden eruptive Silikatgesteine bezeichnet, welche eine mikro- bis kryptokristalline bezw. untergeordnet oder vorherrschend amorphe, mehr oder weniger glasige Grundmasse besitzen, in der größere Kristalle oder kristalline Körner ausgeschieden sind. Auch jene Übergangsglieder zwischen den eigentlichen Porphyren und den körnigen Gesteinen, welche größere Ausscheidungen in einer feinkörnigen Grundmasse aufweisen, werden zu den Porphyren gerechnet. Fast alle plutonischen und vulkanischen Magmen können in dieser Strukturform zur Ausbildung gelangen, und deshalb zeigen die Porphyre eine außerordentliche Mannigfaltigkeit der Entwicklung. Die wichtigsten Gruppen und Abarten sind folgende:

814. A. Porphyre der Granitgruppe.

1. **Granitporphyr.** Grundmasse: Feinkörnig-kristallinisches Aggregat von Feldspat, Quarz und Biotit, ohne amorphe Basis. Untergeordnet kommen meist auch Augit oder Hornblende vor, häufig chloritisiert. Ausscheidungen: Vorzugsweise Orthoklas in großen Kristallen, z. T. mit untergeordnetem Plagioklas, ferner Quarz und Glimmer, seltener Chlorit. Akzessorische Gemengteile: Insbesondere Magnetit, Zirkon, Apatit und Eisenkies.

2. **Quarzporphyr (Felsitporphyr).** Grundmasse: a) mikrokristallinisch-körnig (granophyrisch); b) kryptokristallinisch, d. h. aus einem unvollkommen individualisierten Magma bestehend (felsophyrisch); c) vorwiegend glasig (vitrophyrisch); d) durch Verwitterung in eine

erdige Masse verwandelt: Tonsteinporphyr. Nicht selten zeigt die Grundmasse eine mitunter auch makroskopisch wahrnehmbare Fluidalstruktur. Ausscheidungen: Quarz, Orthoklas, Plagioklas, Glimmer, seltener Amphibol und Pyroxen. Akzessorische Gemengteile: In Schnüren und Nestern treten Kalkspat, Chalzedon und Eisenglanz auf. Struktur: Teils äußerst kompakt, teils porös bezw. drusig (Mühlsteinporphyr).

815. B. Porphyre der Syenitgruppe.

1. **Syenitporphyr.** Grundmasse: In der Regel kristallinisch ohne amorphe Basis. Bestandteile vorwiegend Orthoklas; untergeordnet Hornblende, Glimmer, seltener etwas Quarz. Ausscheidungen: Entweder vorwiegend Orthoklas und untergeordnet Plagioklas, Hornblende und Biotit, oder vorwiegend Hornblende, Biotit ohne Feldspat. Akzessorische Gemengteile: Magnetit, Titaneisen, zuweilen Zirkon und Apatit; letzterer Gemengteil besonders reichlich in den Syenitporphyren ohne Feldspatausscheidungen.

2. **Quarzfreier Orthoklasporphyr.** Grundmasse: Mikrokristallin, kryptokristallin bis erdig, vorwiegend aus Feldspat bestehend. Ausscheidungen: Ausschließlich oder doch vorwiegend Orthoklas bezw. mit sehr geringen Mengen von Hornblende und Biotit. Akzessorische Gemengteile: Magnetit Granat, Eisenglanz.

3. **Minette.** Grundmasse: Mikrokristallin, mitunter feinporös, namentlich aus Feldspat bestehend, mit Glimmer, Hornblende und Augit. Ausscheidungen: Vorzugsweise eisenreicher Magnesiaglimmer; untergeordnet Orthoklas und Hornblende.

816. C. Porphyre (Porphyrite) der Dioritgruppe.

Im Gegensatz zu den vorwiegend orthoklashaltigen Porphyren werden die vorherrschend plagioklasführenden auch als Porphyrite bezeichnet.

1. **Hornblendeporphyr.** Grundmasse: Mikrokristallines Aggregat von Plagioklas und Hornblende. Ausscheidungen: Plagioklas und Hornblende. Akzessorische Gemengteile: Titaneisen, Magnetit und Eisenglanz, auch Orthoklas und Quarz.

2. **Glimmerporphyr.** Grundmasse: Mikrokristallines Aggregat von Plagioklas und Glimmer (Biotit). Ausscheidungen: Plagioklas und Glimmer (Biotit). Akzessorische Gemengteile: Titaneisen, Magnetit und Eisenglanz, auch Orthoklas und Quarz.

Anmerkung: Durch reichliche Hornblendepartikel und Chloritschüppchen können die vorgenannten Gesteine eine grünlich gefärbte Grundmasse erhalten (grünsteinähnliche Porphyrite).

817. D. Porphyre (Porphyrite) der Diabasgruppe.

1. **Augitporphyrit.** Grundmasse: Mikrokristallines Aggregat von Plagioklas und Augit mit Magnetit und Titaneisen. Amorphe Basis mehr oder weniger reichlich. Grundmasse meist schwarz, grünlich schwarz, seltener bräunlich gefärbt. Ausscheidungen: Vorwiegend oder ausschließlich Augit bezw. mit untergeordnetem Plagioklas (Labradorit).

2. **Diabasporphyrit.** Grundmasse: Mikrokristallines Aggregat von Plagioklas und Augit mit Magnetit, Titaneisen und Apatit. Amorphe Basis mehr oder weniger reichlich. Ausscheidungen: Vorwiegend Labradorit.

3. **Melaphyrporphyrit.** Grundmasse: Mikro- bis kryptokristallines Aggregat von Plagioklas, Augit und Olivin mit Magneteisen und Apatit. Ausscheidungen: Vorwiegend Plagioklas.

Die ursprünglich schwarze Farbe geht bei der Verwitterung in braun, rot oder grün über. Als Verwitterungsprodukte treten Karbonate von Eisen und Kalk auf, die bei blasiger Beschaffenheit des Gesteins die Hohlräume ausfüllen (Melaphyrmandelstein).

818. Hinsichtlich der tektonischen Ausbildung ist zu erwähnen, daß die porphyrischen Gesteine nicht selten eine starke Zerklüftung oder auch eine unregelmäßig polyedrische bezw. eine plattenförmige, seltener säulenförmige und kugelige Absonderung zeigen.

Kapitel 74.**A. Die Mikrostruktur der Porphyre und die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit.**

819. Die Porphyre bilden den Normaltypus der Gesteine mit basaler Bestandmasse (s. Abs. 745 S. 650). Wie bei allen diesen Gesteinsarten ist auch die Wetterbeständigkeit der Porphyre in erster Linie abhängig von der strukturellen und substanziellen Beschaffenheit ihrer Grundmasse bezw. dem Zersetzungsgrad derselben im Bruchgestein. Nach ihrer Struktur unterscheidet man mikrokristalline (granophyrische) und kryptokristalline bezw. hornsteinartige (felsophyrische) Grundmassen. Bei starker Zersetzung und Umwandlung derselben zu einer lockeren, mehr oder weniger erdigen Substanz geht das Gestein, wie bereits erwähnt, in den Tonsteinporphyr über.

a) Porphyre mit mikrokristalliner Grundmasse.

820. Dieselbe bildet bei den quarzführenden Porphyren ein unregelmäßiges, mikrogranulöses, seltener ein mikropegmatitisches Aggregat von Feldspat und Quarz, z. T. mit untergeordnetem Glimmer bezw. Amphibol.

Gesteine dieser Art sind im allgemeinen von bedeutender Wetterfestigkeit, und zwar in um so höherem Grade, je reichlicher der Quarzgehalt und je frischer der Feldspat ist. Bei vorherrschendem Quarz kann das Gestein noch ein recht gutes Baumaterial liefern, wenn auch der Feldspat bereits deutliche Spuren der Verwitterung zeigt. Ist der Feldspat dagegen vorherrschend, so bildet die frische Beschaffenheit desselben die Vorbedingung für die Wetterbeständigkeit des Gesteins. Aber auch hier gilt von dem Verwitterungsgrade des Feldspats das, was in Abs. 759—762 S. 658 u. f. bei den granitischen Gesteinen ausgeführt worden ist. Die trübe Beschaffenheit der Feldspatsubstanz darf, falls dieselbe nicht zugleich auch eine beträchtliche Härteverminderung aufweist, nicht als ein erheblicher Zersetzungsgrad betrachtet werden, denn die Erfahrung lehrt, daß Gesteine von solcher Beschaffenheit sich in mehrere Jahrhunderte alten Bauwerken noch vortrefflich erhalten haben.

821. Von besonderer Bedeutung für die Wetterbeständigkeit solcher Porphyre, deren Grundmasse im Bruchgestein nicht mehr vollkommen frisch erscheint, ist die Silifizierung derselben, wie sie unter Umständen aus der Feldspatzersetzung resultiert. Während in porösen Gesteinen die hierbei abgeschiedene Kieselsäure durch die alkalihaltigen Sickerwässer meist ausgelaugt wird, bleibt sie in Gesteinen mit sehr dichtem Gefüge in Form von Opal oder Quarz zurück und durchdringt so die zersetzte Felsmasse, sie wieder fest und wetterbeständig machend¹⁾. Solche Gesteine dürfen, falls sie durch die Silifizierung eine genügende Härte und Festigkeit erlangt haben, als ziemlich gute Baumaterialien betrachtet werden.

822. Ein Gehalt an Eisenkies ist bei den Porphyren mit frischer und zumal quarzreicher, kompakter Grundmasse ohne erheblichen Einfluß auf deren Wetterbeständigkeit. Zeigt der Feldspat aber bereits einen beträchtlichen Verwitterungsgrad und ist das Gefüge der Grundmasse dadurch etwas gelockert, so wird ein größerer Eisenkiesgehalt die Beständigkeit des Gesteins nicht unerheblich vermindern.

¹⁾ Ob in allen Fällen die Silifizierung der Porphyre in der gedachten Weise zu erklären ist, mag dahingestellt bleiben. Vielfach läßt sich aber die authigene Natur der Kieselbildung aus den Strukturverhältnissen des Gesteins mit Sicherheit nachweisen.

823. Bei den quarzfreien bzw. quarzarmen Porphyren besteht die Grundmasse vorzugsweise aus säulen- oder leistenförmigen Feldspatkristallen, zwischen denen Hornblende bzw. Augit, häufig stark zersetzt, oder auch sehr untergeordnet Quarz eingelagert ist. Die Bewertung solcher Gesteine richtet sich lediglich nach der frischen Beschaffenheit bzw. dem Zersetzungsgrade des Feldspats.

b) Porphyre mit kryptokristalliner bis dichter, hornsteinartiger Grundmasse.

824. Die kryptokristallin ausgebildete Grundmasse erscheint dem bloßen Auge durchaus dicht, löst sich aber unter dem Mikroskop in eine unvollkommen granulös ausgebildete Masse auf, deren Körnchen nur stellenweise scharfe Umrisse zeigen, während ihre Abgrenzungen sonst allmählich ineinander verschwimmen. Die deutliche, z. T. sogar starke Wirkung, welche die kryptokristallinen Gebilde auf das polarisierte Licht ausüben, läßt diese Strukturform leicht von den amorphen Bildungen unterscheiden. Noch häufiger als in den mikrokristallinen Grundmassen finden sich hier Kieselinfiltrationen, welche unter dem Mikroskop im polarisierten Licht als unscharf begrenzte, blaugraue Flecken hervortreten, so daß die Grundmasse eigentümlich getupft erscheint. Lassen sich schon dadurch die silifizierten Porphyre leicht erkennen, so liefert die Härteprüfung des Gesteins, wie andererseits die Bestimmung seiner Erweichungsfähigkeit in Wasser einen weiteren Anhalt für die Beurteilung des Silifizierungsgrades. Auch das Funkengeben am Stahl verrät den Quarzgehalt.

Derartige, stark kieselige Gesteine gehören zu den vorzüglich wetterbeständigen Baumaterialien, und derselben Qualitätsklasse sind die Porphyre mit hornsteinähnlicher Grundmasse zuzuzählen. Letztere erscheint unter dem Mikroskop im allgemeinen vollkommen dicht, und nur einzelne Körnchen pflegen im polarisierten Licht hervorzutreten, obgleich auch hier eine fluidale Beschaffenheit der Masse auf gewisse Strukturdifferenzierungen hindeutet.

825. Nicht selten finden sich in der Grundmasse, namentlich bei kryptokristalliner und hornsteinartiger Ausbildung derselben, glasige Bestandteile, welche bei reichlichem Auftreten die Qualität des Gesteins nach den bisherigen Erfahrungen ungünstig beeinflussen. Es läßt sich annehmen, daß dies in um so höherem Grade der Fall ist, je basischer und zugleich eisenreicher die Glassubstanz ist¹⁾.

¹⁾ Über die mikrochemische Untersuchung der Glassubstanz in Gesteinen s. Kap. 83, Prüfung der Basalte, Abs. 872 S. 738.

826. Ist die Grundmasse wetterbeständig, während die Einsprengungen von Feldspat infolge starker Risse oder wegen beträchtlicher Zersetzung im Bruchgestein der Verwitterung unterliegen, so wird dadurch lediglich eine höhlige Ausnagung an der Gesteinsoberfläche entstehen, durch welche der Zusammenhang der Gesamtmasse nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Nur wenn Einsprenglinge von angewittertem Feldspat in sehr reichlicher Menge und von grobkörniger Ausbildung auftreten, kann dadurch die Qualität des Gesteins erheblich vermindert werden.

827. Anhang: **Porphyrtuff.**

Die Porphyrtuffe bilden ein Zementierungsprodukt von feinem, klastischem Porphyrmaterial, wie es entweder bei den plutonischen Vorgängen als aschenartige Auswurfsmasse entsteht oder durch Zusammenschwemmung fein zerriebenen Detrits gebildet worden ist. Namentlich in dem letzteren Falle pflegen größere Bruchstücke von Porphyr, Felsit und anderen Gesteinen in dem gröberen Tuff reichlich aufzutreten, wodurch das Gestein einen brekzienartigen Charakter annehmen kann, während die Zementierungsprodukte des aschenartigen Materials meistens die gleichmäßige Beschaffenheit der dichten Tuffe oder Tonsteine aufweisen.

Mitunter ist die Grundmasse der Tuffe so gleichmäßig ausgebildet, daß sie dem bloßen Auge vollkommen dicht erscheint, und wenn dann reichlich Quarz, Orthoklas, Glimmer oder Hornblende in Kristallen oder Fragmenten eingelagert ist, sind diese sog. Kristalltuffe leicht mit Felsitporphyr zu verwechseln, während andererseits die stark zersetzten Tonsteinporphyre den Charakter von Tuffen annehmen können.

828. Die Wetterbeständigkeit der Porphyrtuffe hängt in noch höherem Grade, wie dies bei den Porphyren der Fall ist, von ihrem Silifizierungsgrade ab, der so bedeutend sein kann, daß die Grundmasse äußerst hart und dicht, ja sogar kantendurchscheinend wird, ähnlich dem hornsteinartigen Porphyr. Wenn derartige Gesteine zu den durchaus wetterbeständigen Materialien zu rechnen sind, so bilden auch die Tuffe von geringerem Silifizierungsgrade noch recht brauchbare Bausteine. Ihre Verwendung zu Wasserbauten erscheint jedoch ausgeschlossen¹⁾.

Der Silifizierungsgrad der Porphyrtuffe wird am zweckmäßigsten durch Bestimmung ihrer Festigkeitsverminderung nach längerer Wasser-

¹⁾ So zeigte z. B. der Rochlitzer Porphyrtuff, welcher sich in älteren Hochbauten recht gut erhalten hat, bei Verwendung zu den Böschungsmauern des Berliner Landwehrkanals schon nach 13 Jahren in Höhe der Wasserlinie so starke Verwitterung, daß eine völlige Erneuerung des Mauerwerks eintreten mußte.

lagerung nachzuweisen sein. Ist der Erweichungskoeffizient (s. Abs. 301 S. 192) beträchtlich niedriger als 0,5, so ist das Gestein auch für Hochbauten als wetterbeständig nicht zu betrachten.

B. Die äußeren Verwitterungserscheinungen der Porphyre.

829. Die Verwitterung kann sich auf die Grundmasse und die Einsprenglinge in gleichem oder verschiedenem Maße erstrecken, und es sind hierbei folgende Modalitäten zu unterscheiden:

1. Die Einsprenglinge sind stärker verwittert als die Grundmasse. Dieser Fall tritt in der Regel nur bei sehr kompakter, stark silifizierter bezw. hornsteinartiger Grundmasse auf, wie sie den wetterbeständigsten Vertretern dieser Gesteinsklasse eigen ist. Nicht selten erscheint bei solchen Porphyren die Grundmasse noch vollkommen frisch, während die Feldspatausscheidungen bereits mehr oder weniger stark zersetzt, unter Umständen sogar völlig kaolinisiert und z. T. ausgenagt sind.

2. Die Grundmasse ist stärker zersetzt als die Einsprenglinge. Eine derartige Verwitterungsform findet sich meistens nur bei solchen Porphyren, deren Grundmasse von lockerem Gefüge ist, zumal wenn dieselbe vorwiegend aus Feldspalt besteht und keinen namhaften Silifizierungsgrad besitzt. Nicht nur die etwaigen Ausscheidungen von Hornblende, Augit bezw. Glimmer, sondern auch die des Feldspats können in solchem Falle frisch oder doch erheblich weniger zersetzt sein als die Grundmasse.

3. Grundmasse und Einsprenglinge zeigen annähernd den gleichen Zersetzungsgrad. Diese Verwitterungserscheinung kann bei solchen Porphyren vorkommen, deren Grundmasse von ziemlich kompaktem, mikrokristallinem Gefüge ist und keinen stärkeren Silifizierungsgrad aufweist.

830. Bei fortschreitender Verwitterung der zu 2 und 3 genannten Gesteine können die vorherrschend feldspathaltigen Grundmassen in tonsteinartige Substanzen umgewandelt werden, während die reichlich Quarz führenden Grundmassen eine poröse Struktur, die augit- bezw. hornblendereichen eine serpentin- bezw. tuffartige Beschaffenheit erlangen.

Ein Gehalt an Eisenkies bewirkt bei seiner Verwitterung die Bildung rostfarbiger Flecken, zugleich aber auch, infolge der abgeschiedenen Schwefelsäure, eine Zersetzung des plagioklastischen Feldspats, des Glimmers, Augits und der Hornblende sowie des Orthoklases, falls derselbe bereits stark angewittert ist.

Kapitel 75.

Spezielle Prüfungsmethoden.

831. A. Die für die Prüfung der Porphyre und Porphyrtuffe in Betracht kommenden Strukturelemente und ihre Signatur.

A. Porphyr.

1. Grundmasse.

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Zusammensetzungstypus.</p> <p>Gf quarzhaltig (felsitisch);</p> <p>Ga hornblendehaltig (aphanitisch);</p> <p>Gm augithaltig (melaphyrisch).</p> | <p>Morphologische Ausbildung.</p> <p>1 feinkristallinisch;</p> <p>2 mikrokristallinisch;</p> <p>3 sehr fein mikrokristallinisch;</p> <p>4 mikro- bis kryptokristallinisch;</p> <p>5 kryptokristallinisch bis dicht.</p> |
| <p>Gehalt an Glassubstanz.</p> <p>b₁ mit untergeordneter Glassubstanz;</p> <p>b₂ mit ziemlich reichlicher „</p> <p>b₃ mit reichlicher „</p> <p>b₄ mit sehr reichlicher „</p> | <p>Ev. Zersetzungsgrad.</p> <p>I vollkommen frisch;</p> <p>II ziemlich frisch;</p> <p>III ziemlich beträchtlich zersetzt;</p> <p>IV stark zersetzt;</p> <p>V vollkommen tonig.</p> |

Silifizierungsgrad.

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>s₁ mit schwachen Silifizierungsflecken;</p> <p>s₂ mit ziemlich starken „</p> <p>s₃ mit starken „</p> | <p>s₄ mit reichl. Quarzmikrolithen oder größeren Kieselausscheidungen in den Hohlräumen bzw. zwischen den übrigen Bestandteilen.</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

2. Einsprenglinge.

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <p>Ef Feldspat;</p> <p>Eq Quarz;</p> <p>Egl Glimmer;</p> <p>Eh Hornblende;</p> <p>Ep Augit.</p> | <p>Mengenverhältnis.</p> <p>1 spärlich;</p> <p>2 wenig reichlich;</p> <p>3 reichlich;</p> <p>4 sehr reichlich.</p> | <p>Zersetzungsgrad.</p> <p>I—V wie oben.</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|

B. Porphyrtuff.

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Typus der Grundmasse.</p> <p>M₁ hornsteinartig;</p> <p>M₂ mikrogranulös;</p> <p>M₃ tuffartig.</p> | <p>Zersetzungsgrad des Feldspats.</p> <p>I ziemlich frisch;</p> <p>II ziemlich stark zersetzt;</p> <p>III sehr stark zersetzt;</p> <p>IV vollkommen tonig.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Silifizierungsgrad. | | Makroskopische Einlagerungen. |
|---------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| s_1 | ohne wahrnehmbare Silifizierung und sehr weich; | Bezeichnung entsprechend den Einsprenglingen der Porphyre s. vorstehend; |
| s_2 | schwach silifiziert und wenig fest; | desgl. Mengenverhältnis und Zeretzungsgrad. |
| s_3 | ziemlich stark silifiziert und ziemlich fest; | |
| s_4 | sehr stark silifiziert und sehr fest. | |

B. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.

832. Im nachfolgenden sind einige der wichtigeren Strukturtypen erläutert. Die Abbildungen zeigen die Gesamtausbildung des Gesteins und in stärkerer Vergrößerung die Struktur der Grundmasse. Ist die letztere sehr feinkörnig, so bedarf es äußerst dünner Schriffe (ca. 0,05 mm stark) und einer 300 bis 600fachen Vergrößerung, um das Strukturbild vollkommen aufzulösen und namentlich auch den eventl. Verwitterungsgrad des Feldspats festzustellen.

Die Erläuterungen berücksichtigen die für die Wetterbeständigkeitsprüfung wesentlichsten Strukturelemente unter Anwendung der vorstehend aufgeführten Signaturen.

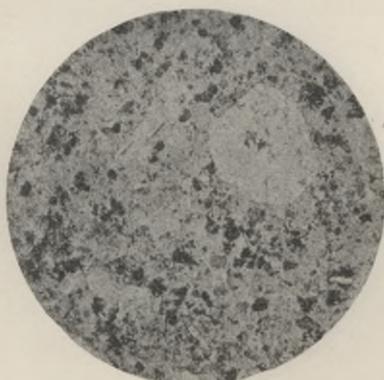


Fig. 403.

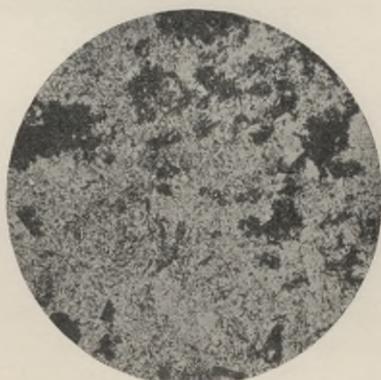


Fig. 404.

Fig. 403. Porphyrit von Jlfeld am Harz. Vergr. 29 \times .

Fig. 404. Desgl. Detail. Vergr. 160 \times . Mikro- bis kryptokristalline, vollkommen frische Grundmasse, vorwaltend aus Feldspat und Hornblende bestehend, mit reichlichen Quarzkristalliten durchwachsen. Einsprenglinge: Plagioklas (frisch), Hornblende, Glimmer und Magnetit.

Typ. I Gf₄ s₄; E (f_{I₃} gl_{I₃}). — Qualitätsklasse: IA.

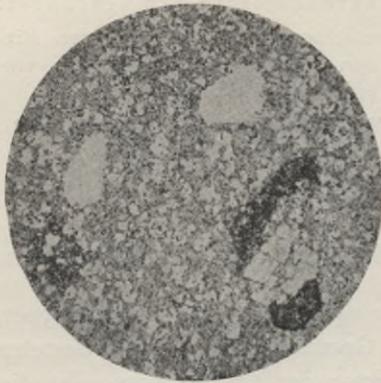


Fig. 405.



Fig. 406.

Fig. 405. Felsitporphyr aus dem Nahetal bei Kreuznach. Vergr. 28 \times .

Fig. 406. Desgl. Detail. Verg. 260 \times . Mikro- bis kryptokristalline, vollkommen frische Grundmasse, mit reichlichen Quarzkristalliten durchwachsen. Einsprenglinge: Quarz und spärlicher Feldspat (ziemlich frisch).

Typ. I Gf₄ s₄; E (q₄ f_{II}). — Qualitätsklasse: IC—I.



Fig. 407.

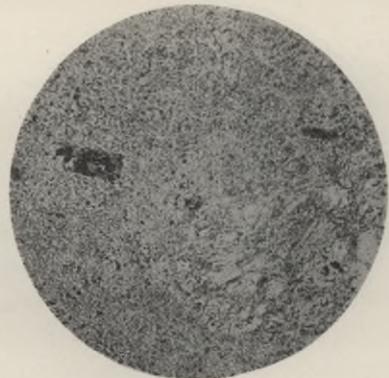


Fig. 408.

Fig. 407. Felsitporphyr von Willenberg bei Röversdorf in Schlesien. Vergr. 20 \times .

Fig. 408. Desgl. Detail. Vergr. 180 \times . Kryptokristalline, vollkommen frische Grundmasse mit schwachen Silifizierungsflecken. Einsprenglinge: Quarz, spärlich Glimmer und Hornblende (letztere ziemlich beträchtlich zersetzt).

Typ. I Gf₅ s₁; E (q₃ gl₁ h_{III}). — Qualitätsklasse: IB—C.

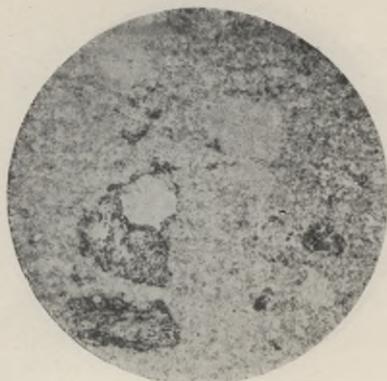


Fig. 409.

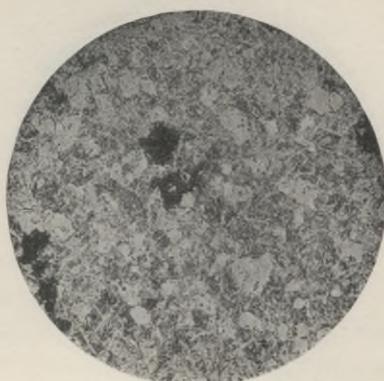


Fig. 410.

Fig. 409. Felsitporphyr von Landsberg, Provinz Sachsen. Vergr. 44 ×.

Fig. 410. Desgl. Detail. Vergr. 160 ×. Kleinkristalline, ziemlich frische Grundmasse mit starken Silifizierungsflecken. Einsprenglinge: in großer Menge Feldspat (ziemlich beträchtlich zersetzt), Quarz und Glimmer.

Typ. II $Gf_1 s_3$; E ($f_{III_2} q_2 gl_2$). — Qualitätsklasse: I.



Fig. 411.

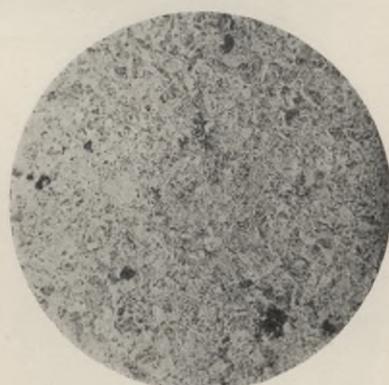


Fig. 412.

Fig. 411. Felsitporphyr von Landsberg, Provinz Sachsen. Vergr. 12 ×.

Fig. 412. Desgl. Detail. Vergr. 95 ×. Kleinkristalline, vollkommen frische Grundmasse, enthält stellenweise starke Silifizierungsflecke oder reichliche Quarzkristallite. Einsprenglinge: Quarz, wenig reichlich, Feldspat (frisch) und spärlich Glimmer.

Typ. I $Gf_1 s_{3-4}$; E ($q_3 f_{I_2} gl_1$). — Qualitätsklasse: IC.

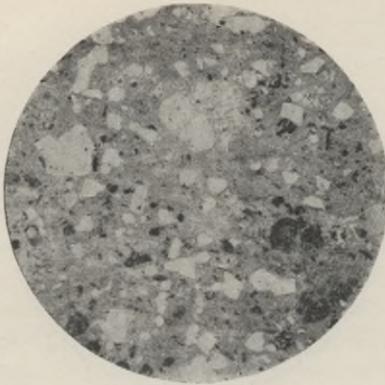


Fig. 413.



Fig. 414.

Fig. 413. Felsitporphyr von Wurz in Sachsen. Vergr. 6 ×.

Fig. 414. Desgl. Detail. Vergr. 90 ×. Mikro- bis kryptokristalline, vollkommen frische, augithaltige Grundmasse, von reichlichen Quarzkristalliten durchwachsen. Einsprenglinge: Quarz, Feldspat (z. T. beträchtlich zersetzt) und Augit.

Typ. I $Gf_1 s_4$; E ($q_1 f_{II-III_{2-3}}$). — Qualitätsklasse: IB.

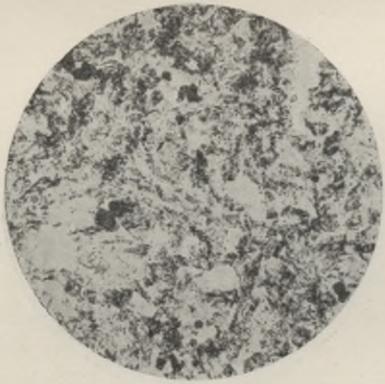


Fig. 415.

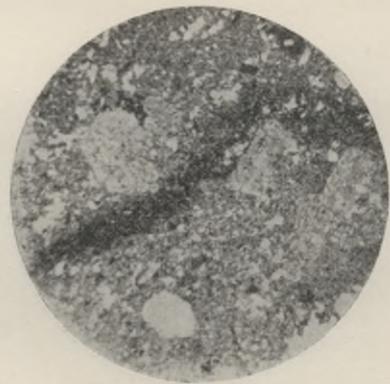


Fig. 416.

Fig. 415. Felsitporphyr von Traisen bei Kreuznach.

Fig. 416. Desgl. Detail. Vergr. 98 ×. Mikrokristalline, z. T. kryptokristalline fluidal struierte, etwas trübe Grundmasse, mit reichlichen Quarzkristalliten durchwachsen. Einsprenglinge: ziemlich frischer Feldspat, untergeordnet Quarz.

Typ. II $Gf_{4;2} s_4$; E ($f_{II_3} q_3$). — Qualitätsklasse: I—II.

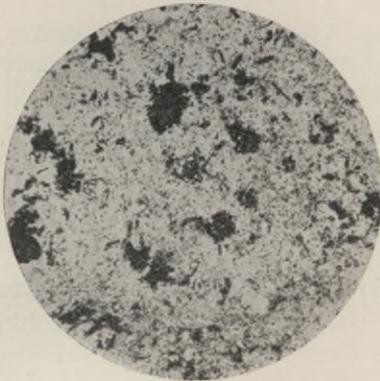


Fig. 417.

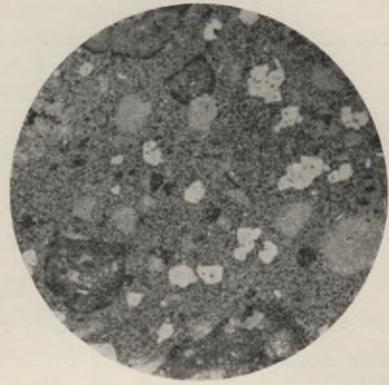


Fig. 418.

Fig. 417. Porphyr der Umgegend von Ilfeld. Vergr. 98 \times . Ziemlich beträchtlich zersetzte, kryptokristalline, mit reichlichen Quarzkristalliten durchwachsene Grundmasse. Einsprenglinge: ziemlich frischer Feldspat und sehr reichlich Glimmer.

Typ. III Gf₅ s₄; E (f_{II₃} gl₄). — Qualitätsklasse: II, z. T. III.

Fig. 418. Felsitporphyr vom Galgenberg bei Halle, Provinz Sachsen. Vergr. 2 $\frac{1}{5}$ \times . Stark zersetzte, klein- bis kryptokristalline Grundmasse mit reichlichen Einsprenglingen von Quarz und stark zersetztem Feldspat.

Typ. IV Gf₁₋₄; E (f_{IV₃} q₄). — Qualitätsklasse: III.

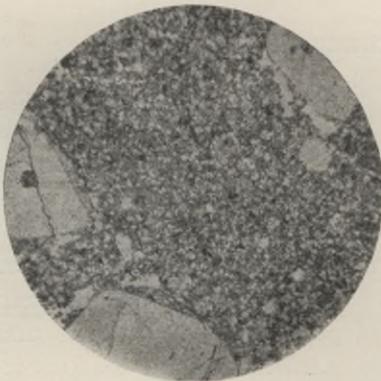


Fig. 419.



Fig. 420.

Fig. 419. Felsitporphyr vom Petersberg bei Halle. Vergr. 20 \times . Ziemlich beträchtlich zersetzte feinkristalline Grundmasse. Einsprenglinge: Quarz und wenig reichlich ziemlich frischer Feldspat.

Typ. III Gf₁; E (q₃₋₄ f_{II₂}). — Qualitätsklasse: II.

Anhang:

Fig. 420. Porphyrtuff von Rochlitz in Sachsen. Vergr. 20×. Die mikrogranulöse, ziemlich stark silifizierte Hauptmasse umschließt reichliche Bruchstücke von Quarz, wenig reichlich Feldspat (sehr stark zersetzt) und Porphyr.

Typ. $M_3 s_3$; E ($q_3 f_{III_2}$). — Qualitätsklasse: II, für Wasserbauten IV—V.

C. Die Porosität und Wasseraufsaugung.

833. Die Porosität und Wasseraufsaugungsfähigkeit der Porphyre ist sowohl von der kompakten Struktur der Grundmasse als auch von dem Zersetzungsgrade der Bestandteile in derselben, wie namentlich des Feldspats, abhängig. Bei frischen Gesteinen guter Qualität schwankt der Porositätskoeffizient P zwischen 3 und 10, die Wasseraufsaugung unter gewöhnlichem Druck zwischen 0,9 und 3,5 Gew.-%. Für wetterbeständige Gesteine ändern sich diese Verhältnisse selbst in Jahrhunderte alten Baumaterialien nur in geringfügigem Maße. Ist der Porphyr jedoch stark verwittert, so steigen die betreffenden Zahlenwerte sehr erheblich und können bei toniger Beschaffenheit des Gesteins sich um mehr als das Doppelte der genannten Maximalwerte erhöhen.

Die nebenstehende Zusammenstellung enthält einige Beispiele für die Wasseraufsaugungsfähigkeit der von der Außenfläche alter Bauwerke entnommenen Porphyrproben.

D. Die chemische Untersuchung der Porphyre.

834. Die chemische Untersuchung dient insofern zur Ergänzung der übrigen Prüfungsmethoden, als dadurch der Zersetzungsgrad des Feldspats näherungsweise festgestellt werden kann. Zu diesem Zweck wird das feine Gesteinspulver 10 Stunden mit konzentrierter Schwefelsäure nach der in Abs. 532 S. 428 angegebenen Methode gekocht, wobei der größte Teil der durch Verwitterung entstandenen Tonsubstanz in Lösung geht. Die Zuverlässigkeit dieser Bestimmung wird dadurch beeinträchtigt, daß die kalkreichen Feldspäte, sowie Hornblende und Augit, ebenfalls von der Säure angegriffen werden, doch ist die Zersetzbarkeit dieser Mineralien in frischem Zustande so viel geringer als die der Tonsubstanz, daß die letztere die überwiegende Menge des analytisch bestimmten Aluminiumoxyds liefert. Auch der Wassergehalt in dem getrockneten Pulver des Gesteins liefert einen Anhalt für den Zersetzungsgrad desselben. Die ausgeführten Analysen ergaben folgendes Resultat (s. S. 715):

| Fundort des Porphyrs | Bauwerk, von welchem die Probe entnommen wurde | Erhaltungsgrad des Gesteins | Wasseraufsaugung | | | Porositäts- koeffizient <i>P</i> | Zättigungs- koeffizient <i>S</i> |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| | | | bei lang- samem Ein- tauchen der Probe <i>W₂</i> | im Vakuum <i>W_v</i> | bei 150 Atm. Druck <i>W_c</i> | | |
| Burgberg bei Ilfeld am Harz | Burgruine Ilburg z. Ilfeld. A. 1500 J. | Mehr oder weniger beträchtl. Spuren von Oberflächenverwitterung, ohne nam- hafte Festigkeitsverminderung. | 2,90 | 3,44 | 3,90 | 9,15 | 0,74 |
| Willenberg b. Schönan, Schlesien | Burgruine zu Willenberg. A. 500 bis 600 J. | Geringe Spuren von Oberflächen- verwitterung, ohne namhafte Festigkeits- verminderung. | 3,50 | 3,87 | 4,45 | 10,43 | 0,79 |
| Landsberg, Sachsen (Nähe der Kapelle) | Kapelle St. Crucis bei Landsberg. A. 715 J. | Ziemlich starke Verwitterungseinde, jedoch ohne namhafte Festigkeitsver- minderung im Innern. | 0,93 | 1,13 | 1,13 | 3,25 | 0,82 |
| Nahetal, Rheinland | Stadthaus zu Kreuznach. A. 150 J. | Ohne beträchtliche Spuren von Ver- witterung. | 1,00 | 1,09 | 1,25 | 3,48 | 0,80 |
| Gemarkung Traisen, Rheinland | Rathaus zu Hüffelsheim. A. 285 J. | Ziemlich bedeutende Oberflächenver- witterung, ohne namhafte Festigkeitsver- minderung im Innern. | 5,43 | 6,34 | 6,93 | 15,46 | 0,78 |
| Nahetal, Rheinland | Kathol. Wolfgangskirche und Gymnasium zu Kreuznach. A. 400 J. | Deutliche Oberflächenverwitterung; im Innern vollkommen fest. | 4,19 | 5,18 | 6,33 | 14,00 | 0,66 |
| Galgenberg bei Halle | Domkirche zu Halle. A. 400 J. | Z. T. beträchtlich verwittert, an an- deren Stellen noch ziemlich gut erhalten. | 1,52 | 1,57 | 1,80 | 4,89 | 0,84 |
| Ilfeld am Harz | Amtsgerichtsgebäude zu Ilfeld. A. 100 J. | Gut erhalten bis auf das Material der Plinthe, welches an verschiedenen Stellen verwittert ist. | 2,58 | 5,67 | 5,72 | 14,32 | 0,45 |
| Petersberg bei Halle | Unterführung der Eisen- bahnstrecke Magdeburg — Leipzig. A. 53 J. | Bis jetzt gut erhalten. | 1,78 | 1,84 | 2,41 | 6,29 | 0,74 |
| Desgl. | Brücke üb. d. Reidebach. Eisenbahn Magdeburg— Leipzig. A. 53 J. | Desgl. | 2,78 | 3,62 | 3,85 | 9,14 | 0,72 |
| Anhang: Porphyrtuff v. Rochlitz in Sachsen | Böschungsmauer d. Land- wehrkanals zu Berlin. A. 13 J. | In der Wasserlinie meist stark ver- wittert. | 11,15 | 13,34 | 15,47 | 29,98 | 0,72 |

| Qualitätsklasse des Gesteins | Al ₂ O ₃ durch konz. Schwefel- säure zersetzt | Glühverlust |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| I—II | 0,58— 2,03 Gew.-% | 0,9 —2,6 Gew.-% |
| III—IV | 3,08— 8,12 „ | 2,9 —3,32 „ |
| V | 12,01—14,23 „ | 6,03—6,51 „ |

Wie die nachfolgende Tabelle zeigt, lassen sich jedoch gesetzmäßige Beziehungen zwischen den sonstigen Bestandteilen und der Qualität des Gesteins nicht erkennen.

835. Minimal- und Maximalwerte (Gew.-%) der chemischen Bestandteile in den Porphyren verschiedener Qualitäten.

| Qualitäts- klasse | Durch konz. H ₂ SO ₄ unzersetzbare Bestandteile | | Durch H ₂ SO ₄ zersetzte Bestandteile | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | Si O ₂ | | Al ₂ O ₃ | | Fe ₂ O ₃ | | Ca O | | Mg O | |
| | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum |
| I—II | 86,96 | 87,37 | 1,21 | 2,05 | 1,57 | 1,79 | 2,81 | 3,25 | 2,76 | 3,38 | 3,11 | 3,76 |
| II | 82,16 | 90,37 | 1,66 | 5,78 | 0,58 | 2,03 | 2,08 | 4,68 | 2,62 | 3,76 | 2,51 | 3,96 |
| IV | 70,49 | 76,74 | 4,21 | 7,79 | 3,08 | 8,12 | 7,73 | 8,05 | 2,88 | 5,01 | 3,03 | 4,94 |
| IV—V | 70,44 | 74,31 | 1,30 | 2,16 | 12,01 | 14,23 | 2,43 | 4,34 | 0,08 | 0,76 | 0,83 | 1,81 |

| Qualitäts- klasse | Durch H ₂ SO ₄ zersetzte Bestandteile | | | | | | Glühverlust | | In Alkalien lösliche Si O ₂ | |
|----------------------|----------------------------------------------------------------|---------|-------------------|---------|---------|---------|-------------|---------|----------------------------------------------|---------|
| | K ₂ O | | Na ₂ O | | S | | | | | |
| | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum |
| I—II | 2,79 | 2,97 | 3,34 | 3,92 | — | — | 0,90 | 1,25 | 0,95 | 1,34 |
| II | 1,78 | 4,21 | 1,56 | 3,36 | 0,033 | 0,047 | 0,97 | 2,86 | 1,27 | 1,91 |
| IV | 3,02 | 4,63 | 1,90 | 5,01 | 0 | 0,041 | 2,69 | 3,32 | 0,86 | 1,01 |
| IV—V | 0,56 | 0,76 | 0,08 | 0,76 | — | — | 6,03 | 6,51 | 1,24 | 1,72 |

Kapitel 76.

A. Die systematische Ausführung der Prüfung.

836. Die Beschreibung des Gesteins, behufs Identifizierung des untersuchten Materials mit den Lieferungen des Steinbruchs, hat folgende Eigenschaften zu berücksichtigen, soweit sich dieselben nach ihrer äußeren Erscheinungsweise feststellen lassen:

1. Farbe, 2. Beschaffenheit der Grundmasse (mikrokristallin, dicht, hornsteinartig; Härtegrad), 3. Einsprenglinge (mineralogische Beschaffenheit, Mengenverhältnis, ev. Verwitterungsgrad), 4. Feststellung der Porphy-Varietät (Felsitporphyr, Hornblende- bzw. Augitporphyr), 5. Allgemeine Strukturverhältnisse.

837. Für die eigentliche Prüfung kommt die Bestimmung folgenden Gesteinseigenschaften in Betracht:

1. Die Druck- bzw. Zugfestigkeit, s. Kap. 6 S. 53 u. f.
2. Die Abnutzungshärte (für Straßenbaumaterialien) s. Kap. 7 B S. 89 u. f.
3. Das Raumgewicht, s. Kap. 8 S. 107 u. f.
4. Der Porositätsgrad und die Wasseraufnahme s. Abs. 200—207 S. 109 u. f.
5. Die Erweichbarkeit in Wasser, s. Abs. 302 S. 193¹⁾.
6. Die Mikrostruktur:
 - a) Mineralogische Zusammensetzung der Grundmasse;
 - b) Struktur und ev. Silifizierungsgrad derselben;
 - c) Mineralogische Natur der Einsprenglinge und ev. Verwitterungsgrad derselben.
7. Die Frostbeständigkeit²⁾:
 - a) Theoretische Frostprüfung nach Abs. 327 S. 220.
 - b) Experimentelle Frostprüfung nach S. 227 u. f.
8. Der Gehalt an Eisenkies. Die Prüfung wird an möglichst zahlreichen Proben mittels der Lupe ausgeführt.
9. Der Wetterbeständigkeitsgrad nach Maßgabe der Bewertungsschemata Abs. 836—838, unter Berücksichtigung der tektonischen Ausbildung des Gesteins im Bruch.

¹⁾ Diese Untersuchung dient lediglich dazu, die frische Beschaffenheit des Gesteins, bzw. den Grad der Verwitterung zu bestimmen und ist deshalb bei vollkommen frischen Porphyren entbehrlich.

²⁾ Da die Porphyre von frischer Beschaffenheit durchweg frostbeständig sind, so ist die betreffende Prüfung nur bei nicht mehr ganz frischem Gestein, Tonsteinporphyr und Porphyrtuff, erforderlich.

838. B. Schemata zur Qualitätsbestimmung der porphyrischen Gesteine.

Hauptschema für die Bewertung der Grundmasse.

(Signatur s. Abs. 831 S. 707).

| 1. Verwitterungsgrad der Grundmasse | 2. Silifizierungsgrad der Grundmasse | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Porositätskoeffizient P | | | | | | | | |
| | | 2-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 | 11-12 | 13-15 | 16-18 | 19-21 | 22-24 |
| | | Bewertungsziffern: | | | | | | | | |
| I | s_0 | 0,85 | 0,93 | 1,01 | 1,09 | 1,17 | 1,25 | 1,33 | 1,41 | 1,5 |
| | s_1 | 0,7 | 0,79 | 0,88 | 0,97 | 1,06 | 1,15 | 1,24 | 1,33 | 1,42 |
| | s_2 | 0,55 | 0,63 | 0,71 | 0,79 | 0,87 | 0,95 | 1,02 | 1,09 | 1,16 |
| | s_3 | 0,4 | 0,49 | 0,58 | 0,67 | 0,76 | 0,85 | 0,94 | 1,03 | 1,12 |
| | s_4 | 0,25 | 0,35 | 0,45 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 1,05 |
| II | s_0 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,9 |
| | s_1 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,6 |
| | s_2 | 0,85 | 1,03 | 1,21 | 1,39 | 1,57 | 1,75 | 1,95 | 2,15 | 2,35 |
| | s_3 | 0,70 | 0,84 | 0,98 | 1,13 | 1,29 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,1 |
| | s_4 | 0,55 | 0,65 | 0,80 | 0,95 | 1,10 | 1,25 | 1,4 | 1,55 | 1,7 |
| III | s_0 | — | — | — | 3,4 | 3,7 | 4,0 | 4,5 | 4,6 | 4,9 |
| | s_1 | — | — | 2,77 | 2,99 | 3,24 | 3,5 | 3,76 | 4,02 | 4,28 |
| | s_2 | — | 1,89 | 1,98 | 2,07 | 2,16 | 2,25 | 2,34 | 2,43 | 2,53 |
| | s_3 | 1,4 | 1,52 | 1,64 | 1,76 | 1,88 | 2,0 | 2,12 | 2,24 | 2,46 |
| | s_4 | 1,0 | 1,15 | 1,3 | 1,45 | 1,16 | 1,75 | 1,9 | 2,05 | 2,20 |
| IV | s_0 | — | — | — | — | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,4 | 5,6 |
| | s_1 | — | — | — | 3,64 | 3,82 | 4,0 | 4,18 | 4,36 | 4,54 |
| | s_2 | — | — | 2,8 | 2,95 | 3,1 | 3,25 | 3,4 | 3,55 | 3,7 |
| | s_3 | — | 2,15 | 2,3 | 2,45 | 2,6 | 2,75 | 2,9 | 3,05 | 3,2 |
| | s_4 | 1,5 | 1,65 | 1,8 | 1,95 | 2,1 | 2,25 | 2,4 | 2,55 | 2,7 |
| V | s_0 | — | — | — | — | — | 6,0 | 6,2 | 6,4 | 6,6 |
| | s_1 | — | — | — | — | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,4 | 5,6 |
| | s_2 | — | — | — | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,6 |
| | s_3 | — | — | 2,8 | 2,95 | 3,1 | 3,25 | 3,4 | 3,55 | 3,7 |
| | s_4 | — | 2,15 | 2,3 | 2,45 | 2,6 | 2,75 | 2,9 | 3,05 | 3,2 |

Anmerkung 1: Die Bewertungsziffern der Porphy-Grundmasse gelten auch für das Gesamtgestein, wenn die Einsprenglinge denselben oder einen geringeren Zersetzungsgrad zeigen wie die Grundmasse. Sind die Einsprenglinge stärker zersetzt als diese, so hängt es von dem Mengenverhältnis beider Bestandteile ab, ob und in welchem Grade die Qualitätsziffer für das Gesamtgestein zu verändern ist. Untergeordnete Einsprenglinge kommen auch hierbei nicht erheblich in Betracht. Sind dieselben aber sehr reichlich vorhanden oder gar vorherrschend, so können sie die Qualität des Gesteins, insbesondere wenn die Grundmasse von lockerem Gefüge ist, sehr beträchtlich vermindern.

Anmerkung 2: Für die quarzfreien bzw. quarzarmen Porphyre (Hornblende- und Augitporphyrite) gelten die Bewertungsziffern zu s_0 bzw. s_1 .

Auch zu einer näherungsweise Bewertung der **Porphyrtuffe** kann das obenstehende Schema verwendet werden. Für die hornsteinartigen Tuffe gelten die Ziffern zu II, für die tonsteinartigen Tuffe die Ziffern zu III bis V.

839. 1. Ergänzungstabelle
zur Bewertung des Gehalts an Eisenkies.

| | | Qualitätsziffer nach dem Hauptschema S. 717 | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------|---------------------------------------------|--------|-------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|--|
| | | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 6,0 | |
| Eisenkiesgehalt: | | | | | | | | | | | | | | | |
| ks ₁ | — | — | + 0,22 | + 0,4 | + 0,41 | + 0,42 | + 0,43 | + 0,44 | + 0,45 | + 0,46 | + 0,47 | + 0,48 | + 0,50 | | |
| ks ₂ | — | + 0,32 | 0,34 | 0,6 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,70 | | |
| ks ₃ | + 0,5 | 0,53 | 0,56 | 0,8 | 0,81 | 0,82 | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,89 | | |
| ks ₄ | 0,7 | 0,74 | 0,78 | 1,2 | 1,21 | 1,22 | 1,23 | 1,24 | 1,25 | 1,26 | 1,27 | 1,28 | 1,30 | | |
| | | | | | Ergänzungsziffern: | | | | | | | | | | |

840. 2. Ergänzungstabelle
zur Bewertung des Sättigungskoeffizienten S.

| | | Qualitätsziffer nach dem Hauptschema und der 1. Ergänzungstabelle | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| Sättigungs- koeffizient S bezw. S _r | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0,8 | + 0,5 | + 0,58 | + 0,68 | + 0,84 | + 0,94 | + 1,04 | + 1,14 | + 1,24 | + 1,34 | + 1,44 | + 1,54 | + 1,64 | + 1,74 | + 1,84 | |
| 0,85 | 1,0 | 1,08 | 1,18 | 1,34 | 1,50 | 1,60 | 1,70 | 1,80 | 1,90 | 2,00 | 2,10 | 2,20 | 2,30 | 2,40 | |
| 0,9 u. darüber | 1,5 | 1,58 | 1,68 | 2,14 | 2,30 | 3,40 | 3,50 | 3,60 | 3,70 | 3,80 | 3,90 | 4,00 | 4,10 | 4,20 | |
| | | | | | Ergänzungsziffern: | | | | | | | | | | |

Anmerkung: Ist die Wasseraufsaugung W₂ geringer als 0,32 Gew.-%, so wird der Sättigungskoeffizient S nach der Formel $\frac{7}{8} \frac{W_2}{W_c}$ reduziert und nach diesem Wert von S_r die Qualitätsziffer bestimmt.

Kapitel 77.

Anleitung zur praktischen Beurteilung der Porphyre nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften und ihrer Erscheinungsweise im Steinbruch.

841. Betreffs der allgemeinen Gesichtspunkte, welche für die Qualitätsbestimmung der Gesteine nach ihrer Beschaffenheit im Bruch maßgebend sind, s. Abs. 579—580 S. 482 u. f.

Da die Porphyre bei frischer Beschaffenheit ihrer Bestandteile durchweg vortreffliche Bausteine liefern, so handelt es sich bei der Beurteilung ihrer Wetterbeständigkeit vornehmlich um die Feststellung des etwaigen Zersetzungsgrades im Bruchgestein, und zwar kommt hierbei namentlich die Beschaffenheit der Grundmasse in Betracht, falls diese, wie es in der Regel der Fall ist, den vorwaltenden Bestandteil des Gesteins bildet. Für die verschiedenen Abänderungen gelten folgende Regeln:

842. a) Quarzführende Porphyre (Felsitporphyre). Je kompakter, stärker silifiziert und frischer die Grundmasse erscheint, desto wetterbeständiger erweist sich das Gestein. Bei den vorzüglichsten Varietäten zeigt die kryptokristallinisch ausgebildete Grundmasse einen splittrigen Bruch, ist mit dem Messer nicht ritzbar und gibt am Stahl Funken. Die Wetterbeständigkeit solcher Porphyre wird auch dann nicht erheblich beeinträchtigt, wenn das Gestein Einsprenglinge enthält, die bereits einen stärkeren Zersetzungsgrad zeigen, vorausgesetzt, daß dieselben nicht in einer die Grundmasse quantitativ übersteigenden Menge auftreten. Aber selbst in diesem Falle kann das Gestein, bei hornsteinartiger Grundmasse, immer noch ein Baumaterial von guter Qualität liefern.¹⁾ Als erstklassig sind auch diejenigen Porphyre zu betrachten, deren Grundmasse deutlich mikrokristallinisch ist und einen glatten bis feinkörnigen Bruch besitzt, vorausgesetzt, daß das Gestein vollkommen frisch ist oder doch nur Spuren von Verwitterung erkennen läßt. Sind bei solcher Beschaffenheit der Grundmasse die Einsprenglinge stärker zersetzt, so

¹⁾ Die Verwitterung des Feldspats geht so langsam von statten, daß dadurch erst in Jahrtausende langen Zeiträumen eine vollständige Auflockerung der Mineralsubstanz herbeigeführt wird. Sind deshalb die Feldspateinsprenglinge in einem Porphyr stark zersetzt, während die Grundmasse noch vollkommen frisch erscheint, so darf daraus auf einen ausnahmsweise hohen Beständigkeitsgrad der letzteren geschlossen werden.

hängt es von der Menge derselben ab, in welchem Maße dadurch die Qualität des Gesteins beeinträchtigt wird.

Erscheint die Grundmasse bereits in beträchtlichem Grade zersetzt, so kann das Gestein bei starker Silifizierung noch als ziemlich wetterbeständig gelten; bei mittlerer bis schwacher Silifizierung dagegen ist die Qualität als eine geringe bis ganz schlechte zu bezeichnen. Als Anhalt für die Bestimmung des Silifizierungsgrades dient die Härteprüfung des Gesteins in trockenem Zustande und nach längerer Wasserlagerung.

843. b) Hornblende- bzw. Augit-führende Porphyre (Hornblendeporphyrite, Augitporphyrite). Die Grundmasse dieser quarzfreien bzw. quarzarmen Porphyre erreicht niemals den Härtegrad der besseren Abänderungen der Felsitporphyre; aber sie ist in frischem Zustande überaus zähe, namentlich, wenn darin Hornblende bzw. Augit vorherrscht, was schon an ihrer dunklen Farbe zu erkennen ist. Solche Gesteine lassen sich in frischem Zustande nur schwer mit dem Hammer zerschlagen. Bei stärkerer Zersetzung verringert sich aber die Festigkeit und Zähigkeit in sehr beträchtlichem Maße. Auch der Härteunterschied des Gesteins in trockenem Zustande und nach längerer Wasserlagerung liefert für die Bestimmung des Zersetzungsgrades einen Anhalt. Überdies gibt sich eine vorgeschrittene Verwitterung durch die mehr oder weniger erdige Beschaffenheit der Bruchfläche zu erkennen.

Hornblende- und Augitporphyrite mit frischer Grundmasse von dichtem Gefüge können in ihrer Qualität den entsprechenden Abänderungen des Felsitporphyrs nahezu gleich erachtet werden. In dem Maße, wie die Grundmasse lockerer bzw. durch Zersetzung mehr oder weniger erdig wird und dabei in Wasser eine beträchtliche Festigkeits- bzw. Härteverminderung erleidet, verringert sich auch die Wetterbeständigkeit des Gesteins. Hinsichtlich des Einflusses, welchen der Zersetzungsgrad der Einsprenglinge auf die Qualität des Gesteins ausübt, gelten die für die Felsitporphyre gegebenen Regeln.

844. Die Untersuchung der Porphyre im Bruch hat sich in erster Linie auf die vorhandenen Ablösungs- und Zerklüftungserscheinungen des Gesteins zu erstrecken. Im übrigen sind die für die Untersuchung der Granitbrüche dargelegten Verhältnisse zu berücksichtigen, s. Abs. 773 bis 779 S. 677 u. f.

845. Anhang: Porphyrtuffe. Die Qualität der Porphyrtuffe ist im wesentlichen abhängig von dem Silifizierungsgrade der tuffartigen Bestandmasse und bei reichlichem Gehalt an gröberen Gesteinsbruch-

stücken auch von dem Silifizierungsgrade der letzteren. Gute Porphyrtuffe dürfen daher nach längerer Wasserlagerung keine bedeutende Festigkeitsverminderung erleiden, was bei Tonsteintuffen durch Härteprüfung, bei sog. Kristall- bzw. Agglomerattuffen durch Zerschlagen von Probestücken mit dem Hammer festzustellen ist. Zu Wasserbauten sind die Porphyrtuffe im allgemeinen nicht geeignet, und selbst bei starker Silifizierung liefern sie für den gedachten Zweck doch nur ein mittelmäßiges Material (s. die Fußnote zu Abs. 826 S. 705).

XIV. Teil.

Die Trachyte, Rhyolithe und Andesite, sowie ihre Prüfung.

Kapitel 78.

Allgemeine petrographische Charakteristik.

846. Der **Trachyt** ist ein vulkanisches Gestein, dessen wesentliche Gemengteile Sanidin (glasiger Orthoklas), Hornblende und Biotit sind. Die Ausbildung ist porphyrisch, und es herrscht der Sanidin sowohl unter den größeren Ausscheidungen, wie namentlich auch in den mikrokristallinen und kryptokristallinen Bestandteilen der Grundmasse vor. Als Nebenbestandteile treten auf: Plagioklas, Augit, Quarz. Akzessorisch können vorhanden sein: Apatit, Magnetit, Titanit, Granat. In den Hohlräumen findet sich häufig Tridymit, seltener Sodalith, Hypersthen, Zirkon, Nephelin, Albit, und als sekundäre Bildungen: Kalkspat, Sphärosiderit, Eisenoxyd, Wad, Chalcedon und Zeolithe. Nach dem Vorwalten der neben dem Sanidin auftretenden Gemengteile unterscheidet man:

1. **Hornblendetrachyt**, 2. **Biotittrachyt**, 3. **Hornblende-Biotittrachyt**.

Bei stark poröser bis schaumiger Ausbildung der Grundmasse geht der Trachyt in den Bimsstein-Trachyt bzw. Trachyt-Bimsstein über.

847. Der **Rhyolith** (oder Liparit) ist ein meist porphyrisch ausgebildetes, dem Trachyt verwandtes Gestein, das sich von diesem durch seinen hohen Gehalt an Quarz und überdies dadurch unterscheidet, daß neben Sanidin meist nur sehr spärlicher Plagioklas auftritt. Die wesentlichsten Gemengteile sind: Sanidin, Quarz, Biotit und Hornblende. Untergeordnet kommen vor: Plagioklas, Tridymit, Pyroxen und Magnetit. Die Grundmasse ist mitunter kompakt felsitisch, meist aber, wie bei den Trachyten, von poröser Beschaffenheit.

848. Als **Andesit** bezeichnet man eine vulkanische, porphyrisch ausgebildete Gesteinsart, welche wesentlich aus Plagioklas, Biotit, Amphibol und Pyroxen (z. T. Hypersthen) besteht. Mehr oder weniger untergeordnet treten auf: Quarz, Apatit und Magnetit, mitunter auch Sanidin.

Nach den dunkel gefärbten Gemengteilen unterscheidet man Glimmerandesite, Hornblendeandesite, Augitandesite und Hypersthenandesite. Die Glimmer- und Hornblendeandesite sind z. T. quarzförend und werden dann als Dazite bezeichnet.

Kapitel 79.

Die Mikrostruktur der Trachyte, Rhyolithe und Andesite, sowie die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit.

849. Da diese Gesteinsgruppe im allgemeinen eine porphyrische Ausbildung zeigt, so ist bei der Qualitätsbestimmung zwischen der Beschaffenheit der Grundmasse und der der größeren Ausscheidungen (Einsprenglinge) zu unterscheiden. Für die Grundmasse, deren Zusammensetzung und Struktur vorzugsweise für die Wetterbeständigkeit der betreffenden Gesteine maßgebend ist, lassen sich folgende Haupttypen aufstellen:¹⁾

1. Die Grundmasse ist feinkörnig mit durchweg scharfer, kristallinischer Ausbildung der Gemengteile. Diese Strukturform tritt bei erstklassigen Gesteinen auf, und es erweisen sich namentlich die Rhyolithe bei solcher Ausbildung und größerem Quarzgehalt als vorzüglich wetterbeständig. So ist z. B. das Baugestein der ca. 1100 Jahre alten Ruine der „Pfalz“ zu Kaiserswerth noch von verhältnismäßig sehr guter Erhaltung.

Nach dem Dichtigkeitsgrade des Gefüges sind derartige Gesteine folgendermaßen zu bewerten:

| | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| sehr kompakt | Qualitätsklasse IC—I, |
| ziemlich kompakt | „ II, |
| ziemlich locker (tuffartig) | „ II—III. |

¹⁾ Die nachstehenden Ausführungen stützen sich vorzugsweise auf die Untersuchung der Trachyte, Rhyolithe und Andesite des Siebengebirges, und da hierfür nur Proben von 13 älteren Bauwerken zur Verfügung standen, so bedarf es für die Verallgemeinerung der gewonnenen Resultate noch weiterer Erhebungen.

2. Die feinkörnige bis feinkörnige Grundmasse zeigt eine verschwommene Umgrenzung der vorherrschenden Sanidinkristalle, zwischen denen untergeordnet eine mikrokristalline bis dichte Zwischenmasse eingelagert ist. Gesteine dieser Art sind, insbesondere wenn sie von lockerem, tuffartigem Gefüge sind, von erheblich geringerer Wetterbeständigkeit als die des ersteren Typus. Bei den Renovationsarbeiten am Kölner Dom sind z. B. solche Gesteine verwendet worden, die bereits nach 15 Jahren starke Auswitterungen und Ablätterungen zeigten.

Bewertung nach dem Dichtigkeitsgrad des Gefüges:

| | | |
|-------------------------------------|--|---------------------------------------|
| sehr kompakt, Qualitätsklasse I—II, | | ziemlich locker, Qualitätsklasse III, |
| ziemlich kompakt, „ II—III, | | sehr locker, „ III—IV. |

Bei den unter 1 und 2 genannten Ausbildungsformen können die Gemengteile entweder regellos angeordnet sein oder eine sog. Fluidalstruktur zeigen. Gesteine der letzteren Art lassen die Neigung zu schiefriger Verwitterung erkennen und erfahren unter Umständen stärkere Ablätterungen.

3. Die Grundmasse ist z. T. mikrokristallin ausgebildet, z. T. aber besteht sie aus einer emailartigen bis glasigen Basis. Solche Gesteine sind nur von mittlerer Wetterbeständigkeit und, falls die glasige Masse bimssteinartig porös erscheint, erweisen sie sich als durchaus unbeständige Baumaterialien.

Ist die Grundmasse vollkommen emailartig, so pflegt das Gestein bereits im Bruch eine so starke Zerklüftung zu zeigen, daß es schon aus diesem Grunde keine bautechnische Verwendung findet.

Zwischen diesen Haupttypen der Grundmasse finden sich mannigfache Übergangsformen (siehe die Übersicht der Strukturformen in Abs. 852 S. 725), deren Wetterbeständigkeitsgrade zwischen denen der Haupttypen liegen.

850. Was die Einsprenglinge betrifft, so bestehen dieselben vorzugsweise aus Sanidin bzw. Plagioklas und Hornblende. Der Sanidin ist oftmals in sehr großen, tafelförmigen Kristallen ausgeschieden, welche mehrere cm Durchmesser erreichen können, und solche Gesteine haben den Nachteil, daß, infolge des leichten Herauswitterns der Sanidinkristalle, tiefe Löcher in der mitunter noch gut erhaltenen Grundmasse entstehen. Es eignen sich deshalb derartige Trachyte, selbst wenn die Grundmasse wetterbeständig erscheint, nicht zur Herstellung ornamentaler Bauglieder¹⁾.

¹⁾ Bemerkenswert ist es, daß die ausgewitterten Sanidinkristalle häufig noch vollkommen frisch erscheinen. Durch den Einfluß der Atmosphärien wird meistens nur der Zusammenhang zwischen der Grundmasse und den Einsprenglingen gelöst. Eine solche Erscheinung beobachtet man bei den eigentlichen

Einen beträchtlich festeren Zusammenhang mit der Grundmasse haben die Ausscheidungen von Hornblende, und Trachyte, welche lediglich dieses Mineral als Einsprenglinge führen, pflegen die üble Eigenschaft der löcherigen Auswitterung nicht zu zeigen.

851. Für Wasserbauten haben sich die rheinischen Vorkommnisse der trachytischen Gesteine nach den vorliegenden Berichten nicht bewährt. Die bisherigen Erfahrungen erstrecken sich jedoch lediglich auf die Ausbildungsformen mit lockerem Gefüge (Trachyt vom Drachenfels usw.) und können deshalb eine allgemeine Geltung nicht beanspruchen. Es läßt sich vielmehr annehmen, daß die kompakten, mikrokristallinen Gesteine dieser Gruppe, falls ihr Sättigungskoeffizient den zulässigen Wert nicht übersteigt, auch für Wasserbauten ein wetterfestes Material bilden.

Kapitel 80.

A. Die für die Prüfung der Trachyte, Rhyolithe und Andesite in Betracht kommenden Strukturelemente nebst deren Signatur.

852.

1. Grundmasse: G.

| | |
|----|--------------------------|
| Gt | Grundmasse der Trachyte; |
| Gr | „ „ Rhyolithe; |
| Ga | „ „ Andesite. |

2. Struktur der Grundmasse.

I gleichmäßig und vollkommen kristallinisch mit durchweg scharfer Ausbildung der dichtgedrängten Feldspatleistchen;

| | |
|----------------|-----------------------------------|
| I ₁ | Bestandteile regellos angeordnet; |
| I ₂ | „ fluidal striiert; |

Porphyren niemals, weil hier die Grundmasse aufs innigste mit den Einsprenglingen verwachsen, ja förmlich verschmolzen ist, und oftmals dringt die mikrokristalline Grundmasse buchtenartig in die Feldspatkristalle ein. Ganz anders ist die Erscheinung bei den Trachyten. Zerschlägt man das Gestein, so fallen die Kristalle häufig mit spiegelnden Flächen heraus, und die Grundmasse zeigt einen glattflächigen Kristallabdruck. Man darf wohl annehmen, daß infolge der Kontraktion beim Erstarren des vulkanischen Gesteins sich zwischen den Einsprenglingen und der Grundmasse eine geringfügige Ablösungsfuge bildet und daß dann, infolge kapillarer Wasseraufsaugung, eine Verwitterung in dem feinkörnigen Gestein rings um den Kristall stattfindet, bis derselbe völlig gelockert wird.

- II vollkommen kristallinisch; der Feldspat teils scharf leistenförmig ausgebildet, teils als Zwischenmasse auftretend;
 - II₁ Bestandteile regellos angeordnet;
 - II₂ „ fluidal struiert;
- III zwischen den ziemlich scharf ausgebildeten Feldspatkriställchen eine kryptokristalline Masse;
- IV kristallinisches Aggregat von undeutlich begrenzten Feldspatindividuen;
- V vorherrschend kristallinisch mit untergeordneter Glasbasis;
- VI vorherrschende Glasbasis mit reichlichen Kristallausscheidungen;
- VII glasartige Grundmasse, bimssteinartig porös.

3. Bestandteile der Grundmasse.

| | |
|------------------------------|----------------------------------------|
| f ₁₋₅ Feldspat; | a ₁₋₄ Augit; |
| q ₁₋₃ Quarz; | gl ₁₋₃ Glimmer; |
| h ₁₋₄ Hornblende; | m ₁₋₃ Magnetit und Ilmenit. |

4. Bedeutung der Indizes.

| | |
|-----------------------|-------------------|
| 1 spärlich; | 4 sehr reichlich; |
| 2 wenig reichlich; | 5 vorherrschend. |
| 3 ziemlich reichlich; | |

5. Zersetzungsgrad der Bestandteile.

| | |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| I vollkommen frisch; | III ziemlich beträchtlich zersetzt bzw. zerklüftet; |
| II Spuren von Zersetzung bzw. Reißbildung; | IV stark zersetzt; |
| | V vollkommen zersetzt. |

Beispiel für die Zusammenstellung der Strukturzeichen: I Gt (f_{III₂} h_{II₄} gl₁), d. h. vollkommen kristallinische, trachytische Grundmasse, bestehend aus wenig reichlichem, ziemlich beträchtlich zersetztem Feldspat, sehr reichlicher, nahezu frischer Hornblende und spärlichem Glimmer.

853. 6. Größere Kristallausscheidungen (Einsprenglinge): E.

| | |
|------------------------------|----------------------------|
| s ₁₋₅ Sanidin; | a ₁₋₄ Augit; |
| p ₁₋₅ Plagioklas; | gl ₁₋₃ Glimmer; |
| h ₁₋₄ Hornblende; | q ₁₋₃ Quarz. |

Bedeutung der Indizes und Zersetzungsgrad wie vorstehend.

Beispiel für die Zusammenstellung der Strukturzeichen: E (s_{II₂} h_{II₃}), d. h. als Ausscheidungen sind vorhanden: in geringer Menge vollkommen frischer Sanidin; ziemlich reichlich Hornblende mit Spuren von Zersetzung.

854. B. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.

Fig. 421. Andesit vom Siebengebirge. Vergr. 25 ×. Fig. 422. Detail. Vergr. 120 ×.

Die fluidal struierte Grundmasse bildet ein kristallinisches Aggregat von unregelmäßig und verschwommen begrenztem, vollkommen frischem Plagioklas, spärlichem Augit und ziemlich reichlichem Magnetit. Als Ein-

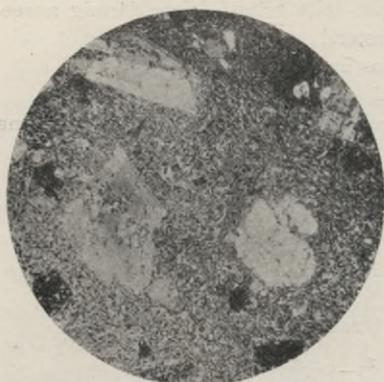


Fig. 421.

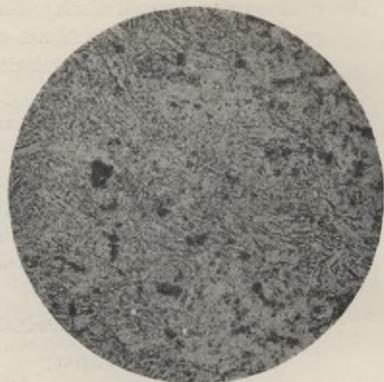


Fig. 422.

sprenglinge sind vorhanden: sehr reichlich Plagioklas und Magnetit, in geringer Menge Hornblende, Augit und Glimmer.

Typ. IV₂ Ga (f_I₃ a₁ m₃); E (f₄ h₂ a₂ gl₂ m₄).

Verwendung: Adelheids-Kapelle zu Pütschen. Alter 130 J. Erhaltungszustand: z. T. stark verwittert, z. T. noch ziemlich gut erhalten. Qualitätsklasse: III, z. T. II.



Fig. 423.

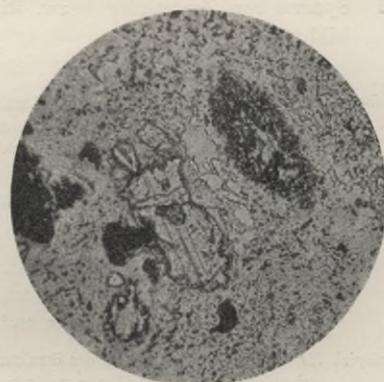


Fig. 424.

Fig. 423. Andesit vom Stenzelberg im Siebengebirge. Vergr. 25 ×. **Fig. 424.** Detail. Vergr. 105 ×.

Die kristallinische Grundmasse zeigt eine regellose Aggregation von vorherrschendem, vollkommen frischem Plagioklas nebst Augit und Magnetit. Als Einsprenglinge sind vorhanden: ziemlich reichlich Plagioklas und Augit, spärlich Hornblende, Glimmer und Magnetit.

Typ. IV₁ Ga (f_I₁ a₁ m₃); E (f₃ h₁ a₃ gl₁ m₂).

Verwendung: Renovationen am Kölner Dom. Alter derselben 54 J.
Erhaltungszustand: nicht nur die Sanidinkristalle sind ausgewittert,
sondern auch das Gesamtgestein ist bereits bis zu beträchtlicher Tiefe
ziemlich stark bröcklig. Qualitätsklasse: IV.



Fig. 425.

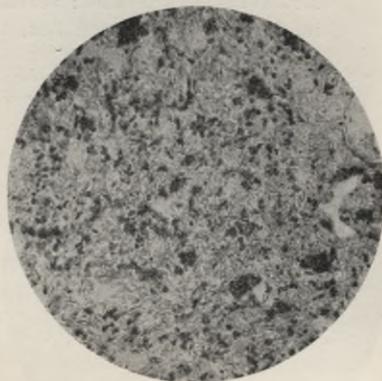


Fig. 426.

Fig. 425. Trachyt vom Laacher See. Vergr. 25 \times . **Fig. 426.** Detail. Vergr. 94 \times .

Die Grundmasse besteht aus einer Glasbasis mit Kristallausscheidungen von Sanidin, Hornblende, Augit und sehr reichlichem Magnetit. Als Einsprenglinge sind vorhanden: Sanidin, Magnetit und in geringer Menge Hornblende und Augit.

Typ. VI Gt (f_3 h_3 a_3 m_4); E (f_4 h_2 a_2 m_3).

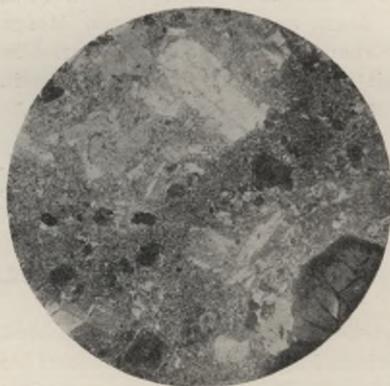


Fig. 427.



Fig. 428.

Fig. 427. Andesit vom Siebengebirge. Vergr. 25 \times . **Fig. 428.** Detail. Vergr. 120 \times .

Vollkommen kristalline, fluidal struierte Grundmasse, bestehend aus vorherrschendem, vollkommen frischem Plagioklas, neben ziemlich reich-

lichem Magnetit. Als Einsprenglinge sind vorhanden: sehr reichlich Plagioklas, ziemlich reichlich Hornblende, spärlich Augit und Glimmer.

Typ. I₂ Ga (f_I₅ m₃); E (f₄ h₃ a₁ gl₁).

Verwendung: Ruine der „Pfalz“ zu Kaiserswerth. Alter 1100 J. Erhaltungszustand: verhältnismäßig unbedeutende Verwitterungsrinde; im Innern vollkommen fest. Qualitätsklasse: IB—C.



Fig. 429.

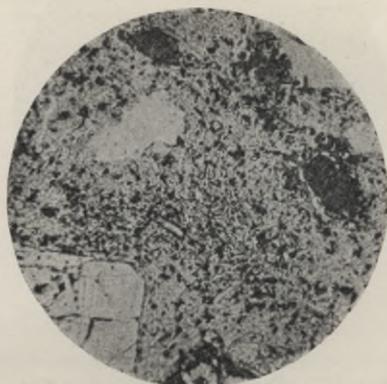


Fig. 430.

Fig. 429. Andesit vom Stenzelberg im Siebengebirge. Vergr. 25 ×. **Fig. 430.** Detail. Vergr. 120 ×.

Vollkommen kristalline, regellos struierte Grundmasse, bestehend aus sehr reichlichem, vollkommen frischem Plagioklas, der teils scharf leistenförmig ausgebildet ist, teils als Zwischenmasse erscheint; ferner aus wenig reichlichem, nahezu frischem Augit und einer geringen Menge Magnetit. Als Einsprenglinge sind vorhanden: sehr reichlich Plagioklas und Hornblende, wenig reichlich Augit und Glimmer, spärlich Magnetit.

Typ. II₁ Ga (f_I₄ a_{II}₂ m₂); E (f₄ h₁ a₂ gl₂ m₁).

Verwendung: Romanische Kreuzkirche zu Oberplais. Alter ca. 800 J. Erhaltungszustand: am Längsschiff sehr beträchtliche, am Turm schwächere Verwitterung. Qualitätsklasse: I—II, z. T. I.

Fig. 431. Andesit von der Wolkenburg im Siebengebirge. Vergr. 25 ×. **Fig. 432.** Detail. Vergr. 120 ×.

Vollkommen kristalline bis kryptokristalline Grundmasse, bestehend aus sehr reichlichem, vollkommen frischem Plagioklas, der teils scharf bis ziemlich scharf kristallin ausgebildet ist, teils als Zwischenmasse erscheint; ferner aus reichlichem Magnetit und wenig reichlichem, nahezu frischem Augit. Als Einsprenglinge sind vorhanden: sehr reichlich Plagioklas, ziemlich reichlich Hornblende und Augit, spärlich Magnetit.

Typ. II—III Ga (f_I₄ a_{II}₂ m₄); E (f₄ h₃ a₃ m₁).



Fig. 431.

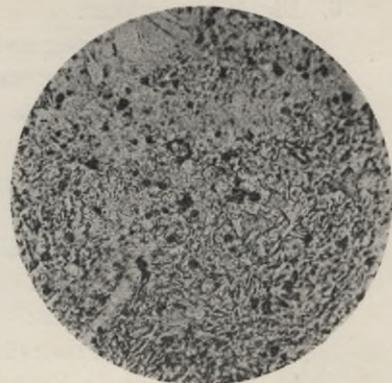


Fig. 432.

Verwendung: Rathaus zu Bonn. Alter 130 J. Erhaltungszustand: geringe Verwitterung. Qualitätsklasse: II.

Kapitel 81.

Die systematische Ausführung der Prüfung.

855. Die Beschreibung des Gesteins hat folgende äußerlich erkennbare Eigenschaften zu berücksichtigen:

1. Farbe, 2. Struktur der Grundmasse (kleinkörnig, feinkörnig, mikrokristallin bis dicht; kompakt bis porös), 3. Mineralogische Zusammensetzung der Grundmasse, 4. Einsprenglinge und deren Mengenverhältnis zur Grundmasse.

856. Für die eigentliche Prüfung kommt die Bestimmung folgender Gesteinseigenschaften in Betracht:

1. Die Druck- und Zugfestigkeit, s. Kap. 6 S. 53 u. f.
2. Die Abnutzungshärte (für Straßenbaumaterialien) s. Kap. 7 B. S. 89 u. f.
3. Das Raumgewicht, s. Kap. 8 S. 107 u. f.
4. Der Porositätsgrad und die Wasseraufnahme, s. Abs. 200—207 S. 109 u. f.
5. Die Erweichbarkeit in Wasser, s. Abs. 302 S. 193¹⁾.

¹⁾ Nur bei Gesteinen mit nicht mehr ganz frischem Feldspat erforderlich.

6. Die Mikrostruktur:

- a) Zusammensetzung und strukturelle Beschaffenheit der Grundmasse (mehr oder weniger scharf kristallinisch, bezw. glasartig; kompakte bis lockere Kornbindung); regellose oder fluidale Struktur.
- b) Etwaiger Verwitterungsgrad des Sanidins (s. Kap. 64 A. S. 658 u. f.).
- c) Beschaffenheit der Einsprenglinge (frisch bezw. mehr oder weniger verwittert).

7. Die Frostbeständigkeit:

- a) Theoretische Frostprüfung nach Abs. 327 S. 220.
- b) Experimentelle Frostprüfung s. S. 227 u. f.

8. Der Wetterbeständigkeitsgrad nach den Ausführungen in Abs. 849 bis 851 S. 723 u. f., die auch für Beurteilung des Gesteins nach seinen äußerlich erkennbaren Eigenschaften maßgebend sind.

XV. Teil.

Die Basalte und Basaltlaven, sowie deren Prüfung.

Kapitel 82.

Allgemeine petrographische Charakteristik.

857. Der Basalt ist eine vulkanische, meist sehr kompakte, häufig porphyrisch ausgebildete Gesteinsart, deren wesentliche Gemengteile Plagioklas resp. Nephelin, Leucit oder Melilith und Augit sind, z. T. mit Olivin in Körnern und Knollen, und untergeordnetem Magneteisen bezw. Titaneisen. Die Farbe ist meist schwarz, geht jedoch bei zurücktretendem Augitgehalt in grau über¹⁾. Akzessorisch kommen vor: Apatit, mitunter Glimmer und Hornblende, selten Sanidin und Quarz, in den Basaltlaven auch Hauyn und Nosean.

Nach der mineralogischen Zusammensetzung unterscheidet man namentlich folgende Basalttypen:

1. Feldspatbasalt (Plagioklasbasalt), 2. Nephelinbasalt, 3. Leucitbasalt, 4. Melilithbasalt und deren Zwischenglieder.

In der Regel enthalten alle diese Gesteine Olivin in mehr oder minder beträchtlicher Menge, doch kommen auch olivinfreie Abänderungen vor.

Ist die Mineralaggregation in der basaltischen Masse deutlich körnig, ohne daß dabei jedoch die einzelnen Gemengteile zu erkennen sind, so wird das Gestein als Anamesit bezeichnet; bei deutlich unterscheidbaren Gemengteilen und mittel- bis grobkörniger Struktur als Dolerit.

858. Ein Teil der Basalte enthält, mehr oder weniger reichlich, glasartige Bestandteile (sog. Glasbasis); auch kann das Gestein aus einer glasartigen Grundmasse bestehen, in welcher die Gemengteile des Basalts

¹⁾ Hellgefärbte Abänderungen finden sich vorzugsweise bei den Nephelin-, Leucit- und Melilith-Basalten.

mikrokristallinisch oder in größeren Kristallen ausgeschieden sind (vitrophyrische Basalte).

859. Vielfach tritt der Basalt schlackenartig auf, welche Ausbildungsform als Basaltlava bezeichnet wird. Auch kommen Basaltmandelsteine vor, deren Hohlräume ganz oder teilweise mit Quarz, Chalcedon, Kalkspat, Aragonit, Zeolithen, Grünerde oder Delessit erfüllt sind.

860. Tektonische Ausbildung. Die Basalte zeigen häufig eine vorzüglich entwickelte, säulenförmige Absonderung, wodurch namentlich die Feldspatbasalte ausgezeichnet sind. Nicht selten finden sich auch plattenförmige und kugelförmige Ausbildungen, und zwar entweder für sich allein oder in Verbindung mit der prismatischen Zerklüftung. Im letzteren Falle erscheinen die Säulen dünnplattig quergeteilt bzw. kugelschalig abgesondert. Endlich kommt eine eckig-körnige Ausbildung mit fleckigen Farbenunterschieden vor (kokkolithische Basalte). Gesteine dieser Art zerfallen bei der Verwitterung zu sog. Basaltgraupen.

Kapitel 83.

A. Die Mikrostruktur der Basalte und die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit.

861. Obleich die Mikrostruktur der Basalte überaus mannigfaltig entwickelt ist, so dürfte für die technische Gesteinsprüfung nach den bisherigen Erfahrungen doch die Unterscheidung der folgenden Haupttypen genügen:

a) Mikrostruktur der Grundmasse.

Typ. I. Gleichmäßig kristallinisch-körnig ohne wahrnehmbare amorphe Basis. *das ist sehr*

Typ. II. Mikroskopisch sehr feinkörnig, vollkommen kristallin oder doch nur mit sehr untergeordneter amorpher Basis.

Typ. III. Vorwiegend aus größeren Kristallen bestehend, zwischen denen eine spärliche amorphe Basis eingeklemmt erscheint.

Typ. IV. Überwiegend aus kristallinen Gemengteilen bestehend, jedoch auch in beträchtlicher Menge eine farblose bis braun gefärbte amorphe Basis enthaltend, die entweder rein glasig ist oder netzartig angeordnete Trichite und dunkle Körner einschließt.

Typ. V. Vorwiegend amorph, und zwar entweder rein glasig oder mit Trichiten und dunklen Körnern durchwachsen.

b) Ausbildung des Augits in der Grundmasse.

862. Von wesentlichem Einfluß auf die Mikrostruktur des Gesteins ist die Ausbildung des augitischen Bestandteils, der in folgenden Formen auftreten kann:

- a) dispergent, d. h. in isolierten Kristallkörnern;
- b) symplex, d. h. als (zusammenhängendes) Kristall-Maschenwerk; *(in symplex)*
- c) syndetisch, d. h. als untergeordnete, aber zusammenhängende Zwischenmasse die vorherrschenden Gemengteile verbindend.

863. c) Mengenverhältnis der Grundmasse zu den größeren Kristallausscheidungen.

Typ. 1. Grundmasse zwischen den größeren Kristallausscheidungen in spärlicher Menge eingeklemmt. *stark*

Typ. 2. Desgleichen in reichlicher Menge.

Typ. 3. Grundmasse untergeordnet, aber zusammenhängend die isolierten Kristallausscheidungen umschließend.

Typ. 4. Grundmasse ziemlich reichlich, sonst wie 3.

Typ. 5. Grundmasse sehr reichlich, sonst wie 3.

864. Die meisten Basaltvorkommnisse und fast ausnahmslos die augitreichen glasfreien Feldspatbasalte gehören zu den festesten und wetterbeständigsten natürlichen Gesteinen. Selbst an 600 bis 700 Jahre alten Bauwerken ist die Verwitterungsrinde solcher Basalte kaum 1 bis 2 mm stark und, trotz der auf Zersetzung des augitischen Gemengteils hindeutenden hellgrauen Farbe, oft noch von beträchtlicher Festigkeit. Auch die Basaltlava zeigt selbst in ihren stark porösen Abänderungen bei Verwendung zu Hochbauten eine den kompakten Abänderungen nur wenig nachstehende Wetterbeständigkeit. So weist z. B. das bekannte Gestein von Niedermendig an glatten Mauerflächen von 600 Jahre alten Bauwerken eine nur unbedeutende Verwitterungsrinde auf, während es im Innern noch vollkommen hart und fest ist. Ein anderes Vorkommen aus der Nähe von Homburg v. d. H., welches zu dem ca. 1700 Jahre alten Römerkastell, der Saalburg, verwendet worden ist, erscheint zwar auch im Innern gleichmäßig hellgrau gefärbt und zeigt in den Poren ziemlich reichliche sekundäre Mineralbildungen, erweist sich aber trotzdem noch von namhafter Festigkeit.

865. Beträchtlich geringer ist dagegen die Wetterbeständigkeit der meisten Basalte, wie namentlich der Basaltlaven, bei ihrer Verwendung

zu Wasserbauten¹⁾. Die Verwitterungsrinde ist hier beträchtlich stärker und dabei stets weich und tonig. Überdies aber wird das Gestein leicht rissig und schließlich stark bröcklig; ja, manche Vorkommnisse zerspringen in verhältnismäßig kurzer Zeit, namentlich in Höhe des veränderlichen Wasserstandes durch Frostwirkung wie auch infolge starker Sonnenbestrahlung²⁾. In vermindertem Grade läßt sich diese Wirkung auch an exponierten Architekturteilen von Hochbauten beobachten. So zeigte z. B. die Niedermendiger Basaltlava, welche sich, wie oben erwähnt, an glatten Mauerflächen vortrefflich bewährt hat, an Gesimsen, Kragsteinen usw. schon nach 40 bis 50 Jahren beträchtliche Verwitterungserscheinungen und bei Verwendung zu Wasserbauten bereits nach 38 Jahren sehr erhebliche Frostschäden an einer größeren Zahl von Werkstücken.

866. Den höchsten Prozentsatz an wetterfesten Materialien liefern, wie bereits bemerkt, die Feldspatbasalte, und unter diesen zeichnen sich durch ihren Beständigkeitsgrad namentlich diejenigen Abänderungen aus, welche von gleichartigem mikrokristallinischem Gefüge sind, frei von glasigen Bestandteilen, mit vorwaltendem Augit in symplexer Ausbildung, oder welche bei geringerem Gehalt an Augit diesen in syndetischer Form enthalten. Ein reichlicher Gehalt an Glassubstanz verringert die Qualität des Basalts in sehr beträchtlichem Grade, sei es, daß das Gestein dadurch zur Zerklüftung neigt oder aber bei stark basischer Beschaffenheit der Glassubstanz der chemischen Wirkung der Atmosphärien leichter unterliegt (s. Abs. 871—873 S. 737 u. f.).

867. Auch die Nephelin-, Leucit- und Melilithbasalte erweisen sich z. T. als äußerst wetterbeständige Bausteine, vorausgesetzt,

¹⁾ Von den bisher zur Untersuchung gelangten Basalten haben sich bei ihrer Verwendung zu Hochbauten 85% als vorzüglich wetterfest und der Rest von 15% als ziemlich gut erwiesen, während bei der Verwendung des Materials zu Wasserbauten folgendes Verhältnis statthat: ca. 35% zeigten sich auch in Wasser vortrefflich haltbar, 15% als mittelmäßig und 50% als wetterunbeständig. Wenn auch die Zahl der hier vorliegenden Erhebungen über die zu Wasserbauten verwendeten Basaltgesteine keine sehr beträchtliche ist, so dürften die bisherigen Erfahrungen doch zu besonderer Vorsicht bei Auswahl des Materials für den gedachten Zweck veranlassen.

²⁾ Obgleich der Basalt meistens ein überaus dichtes Gefüge besitzt, kommen doch auch durchaus kompakte Abänderungen mit einem Porositätskoeffizienten von 3 vor, während derselbe bei Basaltlaven ca. 23 beträgt. Der Sättigungskoeffizient schwankt bei frostbeständigen Basalten zwischen 0,4 und 0,6, steigt aber bei den frostunbeständigen bis auf 0,9, und es wird dieser Maximalgrad der Wassersättigung bei Verwendung des Materials zu Wasserbauten auch tatsächlich erreicht.

daß die Bestandteile keine namhafte Zersetzung in der Erdrinde erfahren haben und der Augit in symplexer oder in syndetischer Form auftritt. Die Glassubstanz fehlt diesen Abänderungen in der Regel gänzlich oder ist doch nur sehr untergeordnet vorhanden, ein Umstand, welcher wesentlich dazu beiträgt, den Beständigkeitsgrad dieser Basaltvarietäten zu erhöhen. Da Nephelin, Leucit und Melilith beträchtlich leichter zersetzbar sind als Plagioklas, so ist ihre durchaus frische Beschaffenheit im Bruchgestein von besonderer Wichtigkeit für die Wetterfestigkeit des Materials, wie andererseits ein vorwaltender Augitgehalt in der oben erwähnten günstigen Strukturform hier von größerer Bedeutung ist als bei den Feldspatbasalten.

B. Die chemische Zusammensetzung der Basalte und die Verwitterbarkeit ihrer Gemengteile.

868. Hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheiden sich die Leucit- und Nephelinbasalte namentlich durch ihren größeren Alkaligehalt von den Feldspatbasalten. Die kalireichsten sind die Leucitbasalte, die natronreichsten im allgemeinen die Nephelinbasalte. Ein namhafter Unterschied in der Zusammensetzung der Basalte und der gleichartigen Basaltlaven tritt nicht hervor.

Der Gehalt an einzelnen Bestandteilen schwankt in folgenden Grenzen:

| | Feldspatbasalt | Nephelinbasalt | Leucitbasalt |
|--------------------------------|----------------|----------------|--------------|
| Si O ₂ | 41 — 59 ‰ | 39—45 ‰ | 40 — 46 ‰ |
| Al ₂ O ₃ | 10 — 23 „ | 8—17 „ | 11 — 16 „ |
| Fe ₂ O ₃ | 1 — 13 „ | 4—14 „ | 15 — 26 „ |
| Fe O | 3,5—15 „ | 0—11 „ | — |
| Ca O | 7 — 14 „ | 10—13 „ | 9 — 11 „ |
| Mg O | 3,5—11 „ | 5—14 „ | 2 — 11 „ |
| K ₂ O | 0 — 2 „ | 1— 4 „ | 3 — 7 „ |
| Na ₂ O | 0,5— 4 „ | 2— 7 „ | 0,5— 3 „ |
| H ₂ O | 0 — 2,5 „ | 0— 4 „ | 0 — 3 „ |

869. Hinsichtlich der allgemeinen Anschauung über die chemische Natur der Baugesteins-Verwitterung ist die Basaltuntersuchung in mehrfacher Hinsicht von Interesse. Zu den Bestandteilen dieser Gesteine gehören eine Anzahl von Mineralien, welche der chemischen Wirkung der Atmosphäriken in höherem Grade unterworfen sind als die in den meisten anderen Gesteinen auftretenden Gemengteile, nämlich: Nephelin, Leucit, Olivin, Melilith, Hauyn und Nosean. Dabei ist das Gefüge in den Basaltlaven grobporig bis kavernös, eine Eigenschaft,

welche in erhöhtem Maße der chemischen Einwirkung der Atmosphären Vorschub leistet. Trotzdem finden wir, daß ein großer Teil der betreffenden Gesteine in 700 bis 800 Jahre alten Bauwerken nur eine sehr geringe Verwitterungsrinde aufweist und auch die Festigkeit des Gesteins im Innern keine erhebliche Einbuße erlitten hat. In allen Fällen aber, in denen eine bedeutendere chemische Zersetzung zu beobachten war, konnte festgestellt werden, daß das Gestein bereits in der Erdrinde eine beträchtliche Zersetzung seines Gehalts an Leucit, Nephelin bezw. Feldspat erlitten hatte, oder daß es der reichliche Gehalt an glasiger Substanz war, deren Zerstörung die Bildung einer stärkeren Verwitterungsrinde verursacht hatte¹⁾.

870. Analysiert man die Verwitterungsrinde solcher stärker zersetzten Basalte und vergleicht man die Zusammensetzung mit der des noch frischen Gesteinsmaterials, so ergibt sich, daß in der Verwitterungsrinde eine nicht unbeträchtliche Zunahme von Tonerde stattgefunden hat, die 2 bis 15% betragen kann, vorzugsweise herrührend aus der Zersetzung von Plagioklas, Nephelin, Leucit und Melilith; desgleichen eine Zunahme von Eisenoxyd, die bis 4% steigt unter Abnahme des Eisenoxydulgehalts. Meist findet sich auch mehr oder weniger reichlich Kalkcarbonat in der verwitterten Rinde. Dagegen nimmt der Gesamtgehalt an Kalk und Magnesia, infolge der Zersetzung von Plagioklas und Melilith, beträchtlich ab, und zwar bis zu 12%, und das gleiche gilt von dem Gehalt an Kali und Natron, sodaß der Alkaligehalt in der Verwitterungsrinde um 0,7 bis 4% sich vermindert.

Vergleicht man die einzelnen Analysen unter Berücksichtigung der mineralogischen Zusammensetzung der Basalte, so ergibt sich, daß die Verwitterung der in Betracht kommenden Gemengteile nicht in gleichem Maße stattfindet. Am schnellsten zersetzen sich Nephelin, Leucit und Melilith. Hieraus erklärt es sich, daß diejenigen Basalte verhältnismäßig die stärkste Verwitterungsrinde zeigen, welche den höchsten Alkaligehalt aufweisen.

Im allgemeinen läßt die mikroskopische Untersuchung der basaltischen Verwitterungsrinden erkennen, daß die Zersetzung außer Nephelin, Leucit und Melilith lediglich den Olivin und die glasige Zwischenmasse ergriffen hat, während in der Regel Augit und z. T. auch Plagioklas unverändert erscheinen.

871. Chemisches Verhalten und Wetterbeständigkeit der glasigen Substanzen. Wie bereits hervorgehoben wurde, ist die Glassubstanz in den Basalten als ein auf die Wetterbeständigkeit des Gesteins ungünstig

¹⁾ Es ergibt sich auch hieraus, daß jener bedeutsame chemische Zersetzungsprozeß, welcher in der Erdrinde die Gesteine im Laufe ungezählter Jahrtausende zerstört und umbildet, indem er unter der Wirkung des kohlen-säurehaltigen Wassers namentlich die Alkalitonerdesilikate sowie die Eisenkalkmagnesiumsilikate zersetzt, in dem Gestein der Bauwerke nur zu einer minimalen Wirkung gelangt, teils weil die hier in Betracht kommenden Zeiträume zu gering sind, teils aber auch, weil die Wirkung der bei der Zersetzung tätigen Agentien weniger energisch ist als in der beständig durchfeuchteten oberen Erdrinde.

wirkender Bestandteil zu betrachten, welcher einerseits die Zerklüftung des Gesteins begünstigt, andererseits aber der chemischen Verwitterung Vorschub leistet. In letzterer Hinsicht zeigen aber die glasartigen Gemengteile ein sehr verschiedenes Verhalten, das augenscheinlich mit dem Grade ihrer Basizität zusammenhängt. Manche farblose und auch braun gefärbte glasige Substanzen der Basalte verhalten sich ziemlich widerstandsfähig gegen Salzsäure, während andere nicht nur in verdünnter Salzsäure, sondern auch in Essigsäure unter Abscheidung gelatinöser Kieselsäure leicht zersetzbar sind. Namentlich ist dies der Fall bei den natronreichen Gläsern, die in ihrer Zusammensetzung nahezu dem Nephelin entsprechen und deshalb, mit HCl behandelt, beim Eintrocknen kleine Würfelchen von Chlornatrium bilden. Bemerkenswert ist es, daß in manchen Basalten leicht und schwer zersetzbare Glassubstanzen nebeneinander vorkommen.

872. Nach den bisherigen Erfahrungen gewährt die Prüfung mit Salzsäure einen Anhalt für die Bestimmung der Verwitterbarkeit der Glasbasis, indem die leicht zersetzbaren und demnach basischeren Abänderungen derselben schneller verwittern als die von HCl schwerer angreifbaren. Bei der chemischen Prüfung glashaltiger Basalte kann man in der Weise verfahren, daß man den Dünnschliff mit heißer Salzsäure behandelt und danach mikroskopisch feststellt, ob ein Anätzen der Glasbasis stattgefunden hat, oder indem man das Gesteinspulver mit Säure behandelt und den unzersetzten Rückstand mikroskopisch auf die Abwesenheit von Glaspartikeln untersucht. Letztere lassen sich im polarisierten Licht von den übrigen Gemengteilen leicht unterscheiden, da sie bei gekreuzten Nikols in jeder Lage völlig dunkel erscheinen.

873. Die Verwitterungsrinde der Basalte ist entweder hellgrau, gelb oder rostbraun gefärbt. Es wird im allgemeinen angenommen, daß die braune Färbung von der Zersetzung der in dem Basalt reichlich eingelagerten Magnetiseisenkörnchen herrührt. Insoweit es sich um eine in geologischen Perioden entstandene Verwitterung handelt, ist diese Annahme unter Umständen zutreffend, nicht aber für die in verhältnismäßig kurzen Zeitabschnitten entstandene rostbraune Rinde an Baugesteinen. Denn das Magnetiseisen gehört tatsächlich zu den äußerst schwer durch die Atmosphärlilien zersetzbaren Mineralien¹⁾, und man

¹⁾ Um die Zersetzbarkeit des Magnetiseisens zu prüfen, wurden verschiedene Vorkommnisse des Minerals äußerst fein gepulvert in geschlossenen Glasflaschen aufbewahrt, die mit sauerstoffhaltigem und kohlendensäurehaltigem Wasser bezw.

findet denn auch innerhalb der Verwitterungsrinde der Bausteine die Magneteisenkörnchen noch in durchaus frischem Zustande erhalten. Es darf daher angenommen werden, daß hier die Bildung der dunklen Rinde lediglich auf die Verwitterung der leicht zersetzbaren, eisenhaltigen Glasbasis zurückzuführen ist.

C. Die „Sonnenbrenner“ und ihre Erkennung¹⁾.

874. Manche Basalte, die in der Praxis als Sonnenbrenner bezeichnet werden, zeigen eine eigentümliche und schnell verlaufende Ver-

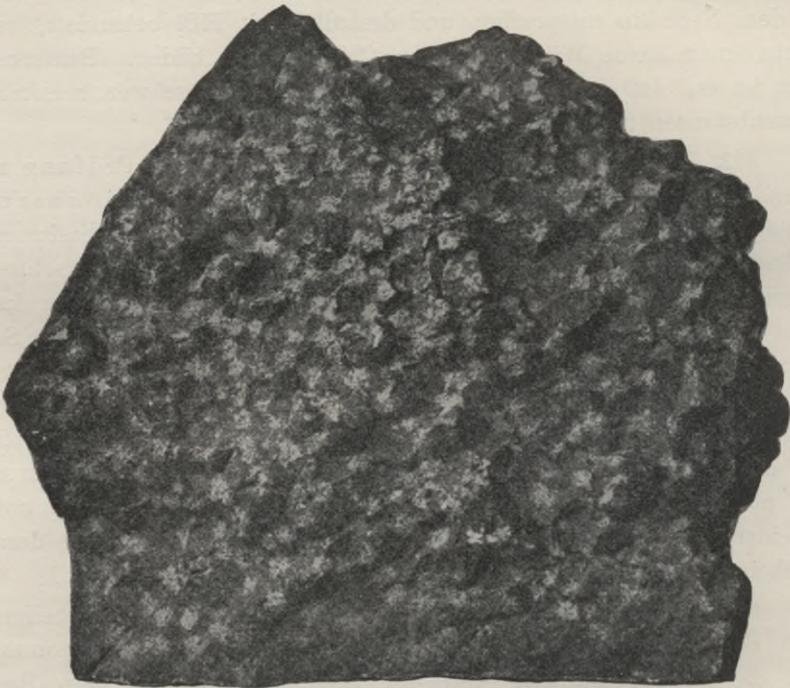


Fig. 433. „Sonnenbrenner“ aus Kr. Westerburg, ca. $\frac{1}{3}$ nat. Größe. Die Verwitterung ist bereits so weit vorgeschritten, daß sich überall kugelige Partien ablösen.

mit einer wässrigen Lösung von Natriumbikarbonat gefüllt waren. Nach Jahresfrist wurde das Wasser sowohl wie auch das Pulver untersucht, ohne daß eine Spur von Zersetzung festgestellt werden konnte. In Übereinstimmung mit diesem Ergebnis steht die Tatsache, daß in den oberen Schichten des Diluvialsandes sich noch völlig unzersetzte Körnchen von Magneteisen finden, die auch von ihren magnetischen Eigenschaften nichts eingebüßt haben.

¹⁾ Siehe auch: F. Tannhäuser, Die Verwitterungsursache der als „Sonnenbrenner“ bezeichneten Basalte; Bautechnische Gesteinsuntersuchungen, Mitt. aus

witterung. Die betreffenden Gesteine pflegen schon nach kurzer Zeit, wenn sie die Bergfeuchtigkeit verloren haben, zahlreiche kreuz und quer verlaufende Haarrisse zu erhalten, und ihre Oberfläche erscheint als bald mit weißen, sternförmigen Flecken übersät (s. Fig. 433).

Alsdann zerfällt das Gestein in kleine, kugelartige Teile und feinen Grus.

In zahlreichen Basaltbrüchen, und namentlich in deren oberen Teilen, kommen Gesteinspartien vor, die mit Sonnenbrand behaftet sind. Vorwiegend zeigt sich diese Erscheinung aber bei Säulen- und Kugelbasalten, also bei solchen Vorkommnissen, welche schon in ihrer allgemeinen Ausbildung deutliche Kontraktionserscheinungen aufweisen.

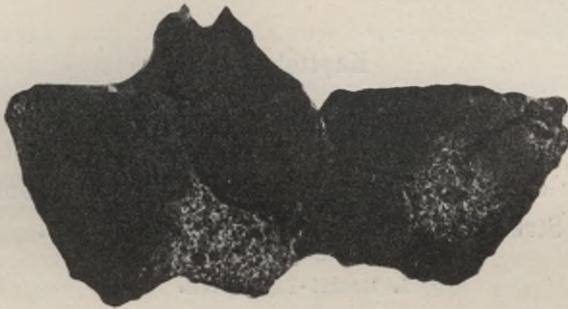


Fig. 434. „Sonnenbrenner“ vom Vogelsberg, Vergr. ca. 3×. Zwischen den Kontraktionskugeln zersetzte Glassubstanz.

Was die Zusammensetzung der Sonnenbrenner betrifft, so sind es ausschließlich glasführende Basalte; auch scheint ein Olivinegehalt allen, oder doch den meisten Sonnenbrennern eigen zu sein¹⁾.

d. Mineralog.-geol. Institut der Technischen Hochschule Berlin, Jahrg. 1910 Heft 1 S. 34 u. f. Die Figuren 433, 434 und 453 sind der genannten Arbeit entnommen.

¹⁾ Leppla hat die Ansicht ausgesprochen, daß die fragliche Verwitterungserscheinung auf den Gehalt an Nephelin in jenen Basalten zurückzuführen sei. Wie aber bereits in Abs. 867 hervorgehoben wurde, erweisen sich die Nephelinbasalte z. T. als überaus wetterbeständige Gesteine, und es darf deshalb nur auf die bekannte Basaltlava von Niedermendig hingewiesen werden, um darzutun, daß der Nephelingegehalt an sich nicht als die Ursache der fraglichen Verwitterungsform betrachtet werden kann. Dagegen läßt sich wohl annehmen, daß sowohl der Nephelin wie auch der Leucit und Melilith, falls sie bereits in der Erdrinde eine weit vorgeschrittene Verwitterung erlitten haben, unter dem Einfluß der Atmosphärien schnell des weiteren zersetzt und aufgelockert werden, und daß alsdann das Gestein beim Austrocknen eine Zerstörung seines Zusammenhanges erfahren kann, insbesondere wenn das Gefüge sehr feinkörnig ist und der Augit nicht als symplexer Gemengteil auftritt.

Soweit sich bisher hat feststellen lassen, beruht die gedachte Verwitterungserscheinung auf einem Gehalt des Gesteins an mehr oder weniger eisenreichem Alkaliglas mit vorherrschendem Natrongehalt. Neben dieser Glassubstanz, welche die Lücken zwischen den Kontraktionskugeln erfüllt (s. Fig. 434) und durch Salzsäure leicht angegriffen wird, kommt in den Kugeln selbst ein Glas vor, welches der Einwirkung von Salzsäure widersteht. Bei dem Zerfall des Glases bilden sich zeolithische Substanzen. Über die Erkennung der Sonnenbrenner s. Abs. 877 S. 749.

Kapitel 84.

Spezielle Prüfungsmethoden.

A. Die für die Prüfung der Basalte in Betracht kommenden Strukturelemente nebst deren Signatur.

875. 1. Basalt-Varietäten.

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| Bf Plagioklasbasalt; | Bfn Plagioklasnephelinbasanit; |
| Bn Nephelinbasalt; | Bfl Plagioklasleucitbasanit; |
| Bl Leucitbasalt; | Bb Magmabasalt (Limburgit). |
| Bm Melilithbasalt; | |

2. Gemengteile.

| | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| f Feldspat (Plagioklas); | h Hauyn; |
| n Nephelin; | n Nosean; |
| l Leucit; | g amorphe bezw. glasige Substanz; |
| m Melilith; | gi in Säuren schwer zersetzbar; |
| a Augit; | gII „ „ zieml. leicht zersetzbar; |
| o Olivin; | gIII „ „ sehr leicht zersetzbar. |
| M Magnetit und Ilmenit; | |

3. Menge der Bestandteile.

| | |
|-----------------------|-------------------|
| 1 spärlich; | 3 reichlich; |
| 2 ziemlich reichlich; | 4 sehr reichlich. |

4. Größe der Ausscheidungen.

| | |
|------------------------------|----------------------------|
| k ₁ kleinkörnig; | k ₃ grobkörnig; |
| k ₂ mittelkörnig; | k ₄ großkörnig. |

5. Verwitterungsgrad der Gemengteile.

- s₁₋₅ Spaltrisse (1: in Spuren; 2: spärlich; 3: ziemlich reichlich; 4: reichlich; 5: sehr reichlich);
- sp₁₋₅ unregelmäßige Sprünge; kataklastische Struktur (1—5 wie vorher);
- t₁₋₅ Trübung durch pulverförmige Ausscheidungen (Eisenoxyd, Kaolin), (1: in Spuren; 2: spärlich, in leichten, wolkigen Partien bezw. entlang den Spalten; 3: ziemlich reichlich in starken, wolkigen Partien oder entlang den Spalten; 4: sehr reichlich; 5: die ganze Masse durchdringend);
- h homogene Interferenzfarbe im polarisierten Licht;
- ag₁₋₄ Aggregatpolarisation (1: schwach; 2: ziemlich stark; 3: stark; 4: sehr stark);
- z₁₋₅ von kleinen zelligen Hohlräumen durchsetzt (1—5 wie zu s).

6. Mikrostruktur der Grundmasse.

- G_I gleichmäßig kristallinisch-körnig, ohne wahrnehmbare amorphe Basis und ohne größere Ausscheidungen;
- G_{II} mikroskopisch sehr feinkörnig, vollkommen kristallin oder doch nur sehr untergeordnet amorph, mit Ausscheidungen einzelner Gemengteile in größeren Kristallen;
- G_{III} vorwiegend aus größeren Kristallen bestehend, zwischen welchen eine spärliche amorphe Basis eingeklemmt erscheint;
- G_{IV} überwiegend aus kristallinen Gemengteilen bestehend, jedoch auch in beträchtlicher Menge eine farblose bis braun gefärbte, amorphe Basis enthaltend, die entweder rein glasig ist oder netzartig angeordnete Trichite und dunkle Körner enthält;
- G_V vorwiegend glasig.

7. Ausbildung des augitischen Gemengteils in der Grundmasse.

- a_f Augit als dispergenter Gemengteil, d. h. in zerstreuten, isolierten Kristallkörnern;
- a_σ Augit als symplexer Gemengteil, d. h. als zusammenhängendes Kristall-Maschenwerk;
- a_c Augit als syndetischer Gemengteil, d. h. als untergeordnete Zwischenmasse die vorherrschenden Gemengteile verbindend.

8. Mengenverhältnis der Grundmasse zu den größeren Kristallausscheidungen.

- 1 Grundmasse zwischen den größeren Kristallausscheidungen in spärlicher Menge eingeklemmt;
- 2 desgl. in reichlicher Menge;
- 3 Grundmasse untergeordnet, aber zusammenhängend, die isolierten Kristallausscheidungen umschließend;
- 4 Grundmasse ziemlich reichlich, sonst wie 3;
- 5 Grundmasse sehr reichlich, sonst wie 3 oder als alleiniger Bestandteil ohne namhafte größere Ausscheidungen.

Anmerkung: Vorstehende Zahlen werden der Signatur der Grundmasse hinzugefügt, z. B. G_{IIIaσ₂}, d. h. Grundmasse Typ. III, mit Augit als symplexem Gemengteil, in reichlicher Menge zwischen den Kristallausscheidungen eingeklemmt.

876. B. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.

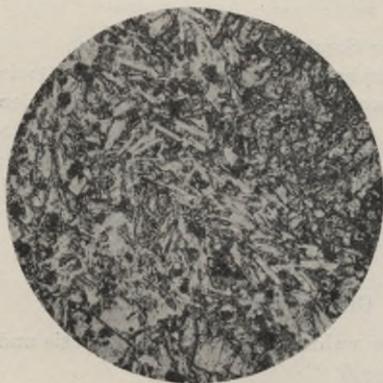
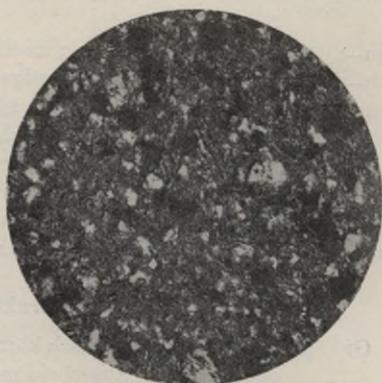
Fig. 435. Vergr. 130 \times .Fig. 436. Vergr. 250 \times .

Fig. 435. Plagioklasbasalt von Striegau in Schlesien. Die Grundmasse besteht vorwiegend aus Plagioklas in z. T. fluidal struierten Leisten, untergeordnetem Augit, teils in größeren Körnern und Kristallen, teils syndetisch ausgebildet, serpentinisiertem Olivin mit unregelmäßigen Sprüngen und Magnetit in oktaedrischen Körnern.

Typ. Bf G_I. — Qualitätsklasse: IB.

Fig. 436. Nephelinbasalt vom Kreuzberg (Rhön). Die sehr feinkörnige Grundmasse besteht vorwiegend aus grünlich-grauem Augit in symplexer Ausbildung, kleineren und größeren Nephelinkörnchen bzw. Kristallen und Magnetit, nebst reichlichem, mäßig zersetztem Olivin, spärlichen Blättchen von Biotit und sehr untergeordneter amorpher Basis.

Typ. Bn G_{II}. — Qualitätsklasse: IC.

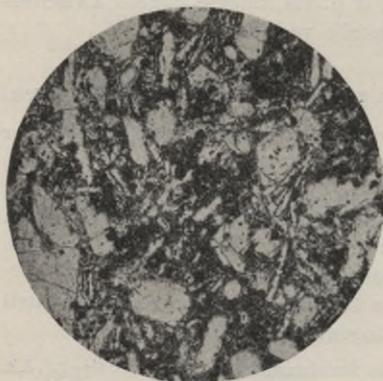
Fig. 437. Vergr. 38 \times .Fig. 438. Vergr. 250 \times .

Fig. 437. Melilithbasalt vom Hochbohl (Schwäbische Alb). Die Grundmasse enthält in annähernd gleicher Menge Melilith in prismatischen Kristallen mit reichlichen Rissen und gelblich-grauen Augit von unregelmäßiger Form, beide Gemengteile in dispergenter Anordnung; ferner Olivin und Magnetit.

Typ. Bm G_{I_4} . — Qualitätsklasse: IB—C.

Fig. 438. Leucitbasalt vom Fornicher Kopf (Laacher See). Die Grundmasse besteht vorwiegend aus Leucit und Nephelin mit unvollkommen syndetisch ausgebildetem Augit und sehr reichlichem Magnetit, wenig Olivin und Biotit.

Typ. Bl G_{I-II_4} . Qualitätsklasse: I.

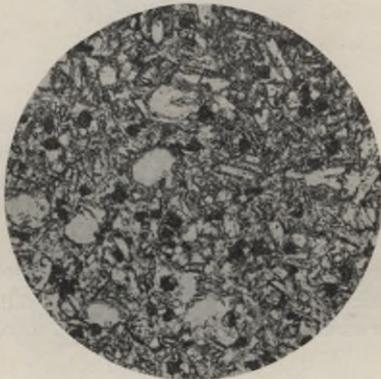


Fig. 439. Vergr. 49 ×.



Fig. 440. Vergr. 42 ×.

Fig. 439. Plagioklasbasalt (Glasbasalt) vom Schiffenberg bei Gießen. In einer glasigen Grundmasse sind sehr reichlich in dispergenter Form ausgeschieden: grauvioletter Augit, Plagioklas, Olivin und Magnetit.

Typ. Bf G_{III_4} . — Qualitätsklasse: I—II (?).

Fig. 440. Anamesit von Steinbach, Ober-Hessen. Die Grundmasse besteht vorzugsweise aus Plagioklasleisten und symplexem körnigen Augit, mit spärlicher bis ziemlich reichlicher Glasbasis und untergeordnetem Olivin. Größere Augitkristalle zeigen Glasrand und kugelige Glaseinschlüsse mit Sprüngen.

Typ. Bf G_{III} . — Qualitätsklasse: I—II.

Fig. 341. Plagioklasbasalt von Naumburg, Kr Wolfhagen. Die Grundmasse besteht überwiegend aus dispergentem, feinkristallinischem, wasserhellem bis gelblich-braunem Augit, nebst Magnetit und spärlichen Feldspatleichen, welche Gemengteile in einer bräunlich gefärbten amorphen Basis eingeschlossen sind. Daneben finden sich rissige Einsprenglinge von Olivin.

Typ. Bfb $G_{IV_{3-4}}$. — Qualitätsklasse: I.

Verwendung: Ruine Weidelsburg bei Naumburg, Reg.-Bez. Kassel. Alter ca. 600 J. Erhaltungszustand: rostbraune Verwitterungsrinde, im Innern reichliche Zersetzungsprodukte, aber noch von beträchtlicher Festigkeit.

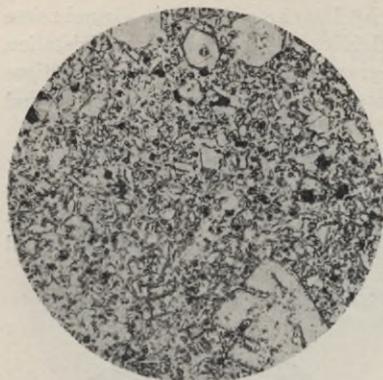


Fig. 441. Vergr. 49 ×.



Fig. 442. Vergr. 49 ×.

Fig. 442. Plagioklasbasalt von der Hellen Warte bei Fritzlar. Die Grundmasse bildet ein gleichmäßiges Gemenge von Feldspat und symplexem Augit ohne Glasbasis. Die größeren Ausscheidungen bestehen vorzugweise aus Augit und Magnetit.

Typ. Bf G_I . — Qualitätsklasse: IC.

Verwendung: Katholische Kirche zu Naumburg, Reg.-Bez. Kassel. Alter ca. 600 J. Erhaltungszustand: etwa 2 mm starke, graue, tonige Verwitterungsrinde, mit Flechten überwachsen. Gestein im Innern noch durchaus fest.

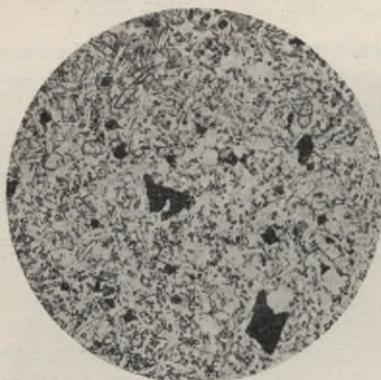


Fig. 443. Vergr. 49 ×.

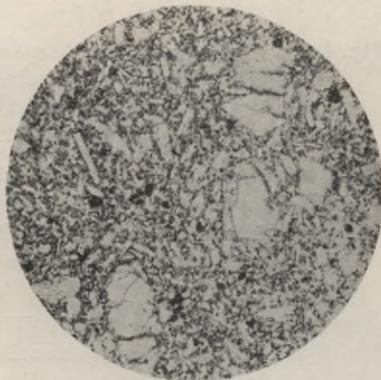


Fig. 444. Vergr. 49 ×.

Fig. 443. Plagioklasbasalt vom Stoppelsberg, Kr. Hünfeld. Die Grundmasse besteht überwiegend aus dispergenten, feinen Feldspatleistchen und kleinen Augitkriställchen, nebst reichlichem Magnetit in größeren Körnchen, welche Gemengteile in einer bräunlich gefärbten Basis ausgeschieden sind, die teils rein glasig ist, teils netzartig angeordnete Trichite und dunkle Körner enthält.

Typ. Bf G_{IV} . — Qualitätsklasse: I.

Verwendung: Ruine Hauneck. Alter ca. 600 J. Erhaltungszustand: bis zu 2 mm starke, hellgraue Verwitterungsrinde. Das Gestein ist jedoch im Innern noch vollkommen fest.

Fig. 444. Plagioklasbasalt von unbekanntem Fundort. Die Grundmasse besteht vorwiegend aus dispergenten Feldspatleistchen mit untergeordneten Augitkriställchen und Magnetit, enthält jedoch in beträchtlicher Menge eine braun gefärbte Basis. Die größeren Kristallausscheidungen sind vorzugsweise Plagioklasleisten und Olivin, der z. T. in großen zerklüfteten Knollen auftritt.

Typ. Bf $G_{IV_{3-4}}$. — Qualitätsklasse: II.

Verwendung: Schlagbühne im Budericher Kanal bei Wesel. Alter 96 J. Erhaltungszustand: z. T. ziemlich gut, z. T. stark zerklüftet (sog. Sonnenbrenner).



Fig. 445. Vergr. 49 \times .

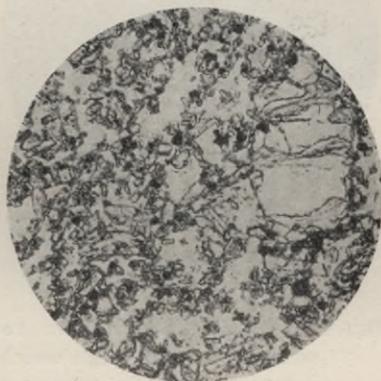


Fig. 446. Vergr. 49 \times .

Fig. 445. Plagioklasbasalt vom Siebengebirge. Die spärliche, vorzugsweise augit- und magnetithaltige, syndetische Grundmasse umschließt dicht gedrängte Plagioklasleisten, größere Augitkristalle und Magnetitkörner.

Typ. Bf G_{III_2} . — Qualitätsklasse: IC.

Verwendung: Kirche zu Schwarz-Rheindorf, Reg.-Bez. Köln. Alter 756 J. Erhaltungszustand: das Gestein zeigt nur eine ca. 1 mm starke, hellgraue Verwitterungsrinde und ist im Innern noch vollkommen fest.

Fig. 446. Plagioklasbasalt aus der Umgegend von Homberg. Die mikrokristalline, vorzugsweise feldspatige, spärliche Grundmasse umschließt größere Ausscheidungen von Feldspat, Augit und Magnetit. Feldspat sowohl wie Augit lassen geringe Spuren von Verwitterung erkennen.

Typ. Bf $G_{III_{3-4}}$. — Qualitätsklasse: IC—I.

Verwendung: Stadtkirche zu Homberg, Reg.-Bez. Kassel. Alter 550 J. Erhaltungszustand: das Gestein zeigt eine äußerst geringe, glatte Verwitterungsrinde und ist im Innern noch vollkommen fest.

Fig. 447. Plagioklasbasalt von unbekanntem Fundort. Die Grundmasse bildet einen Kristallfilz von Feldspatleistchen und Augitnadelchen, welche letztere eine symplexe Anordnung zeigen. Als Ausscheidungen treten stellenweise stark zerklüftete Olivinknollen auf.

Typ. Bf G_{II_4} . — Qualitätsklasse: IC, z. T. I—II.

Verwendung: Schlagbuhnen im Budericher Kanal bei Wesel. Alter 96 J. Erhaltungszustand: bis auf die stark olivinhaltigen Quader gut erhalten.

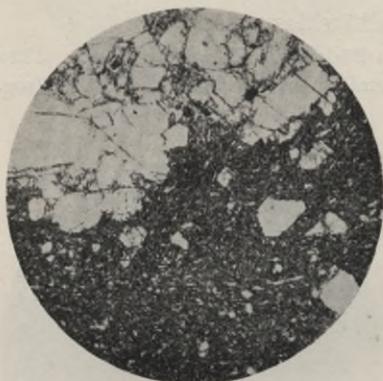


Fig. 447. Vergr. 49 ×.



Fig. 448. Vergr. 49 ×.

Fig. 448. Plagioklasbasaltlava von Oberleubach. Die Grundmasse, welche vorzugsweise aus Augit und Magnetit besteht, ist zwischen wirt durcheinander liegenden Kristallen von Plagioklas, Augit und Apatit eingeklemmt (Intersertalstruktur). Das Gestein ist stark kavernös und zeigt größere Ausscheidungen von Augit und Olivin.

Typ. Bf G_I . — Qualitätsklasse: IA.

Verwendung: Römerkastell (Saalburg) bei Homburg v. d. H. Alter ca. 1700 J. Erhaltungszustand: auch im Innern durch Verwitterung hellgrau, in den Poren ockerig und mit sehr reichlichen sekundären Kristallbildungen (Kalkspat, Göthit usw.), die jedoch auch in dem gegenwärtigen Bruchmaterial bereits vorhanden sind. Das Gestein ist noch von vortrefflicher Festigkeit.

Fig. 449. Plagioklasbasaltlava von Andernach. Das schlackige Gestein besteht aus Leistchen von Plagioklas, Augitkriställchen und Magnetitkörnchen in disperser Anordnung und enthält ziemlich reichliche Glasbasis.

Typ. Bf G_{IV_4} . — Qualitätsklasse: IB—C.

Verwendung: Turm zu Andernach. Alter ca. 550 J. Erhaltungszustand: sehr unbedeutende Verwitterungsrinde; im Innern vollkommen fest.

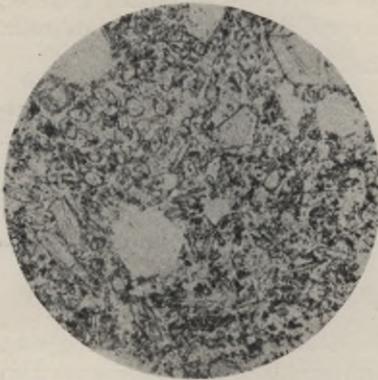


Fig. 449. Vergr. 76 ×.

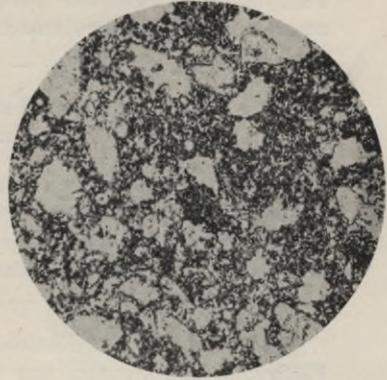


Fig. 450. Vergr. 33 ×.

Fig. 450. Leucitbasaltlava von Kottenheim. Die Grundmasse des schlackigen Gesteins besteht aus leistenförmigem Plagioklas, rundlichen Körnchen von Leucit und aus Augit, nebst Magnetit in unvollkommen symplexer Anordnung. Die größeren Ausscheidungen sind vorzugsweise Augit.

Typ. Bfl G_{II_5} . — Qualitätsklasse: I.

Verwendung: Uferdeckwerk zu Orsoy bei Wesel. Alter über 200 J.
Erhaltungszustand: ziemlich starke Abrundung der Kanten, jedoch noch von beträchtlicher Festigkeit.

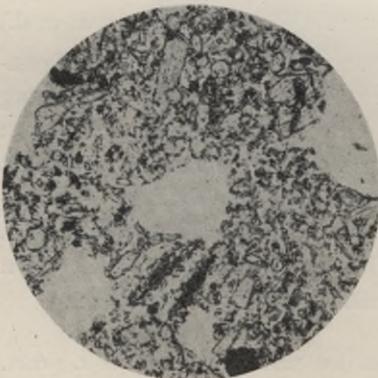


Fig. 451. Vergr. 65 ×.

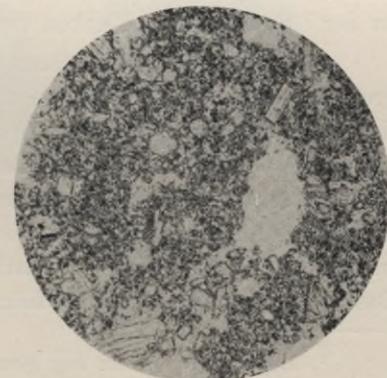


Fig. 452. Vergr. 65 ×.

Fig. 451. Plagioklasbasaltlava (Rheinproviz, unbekannter Fundort). Die Grundmasse besteht überwiegend aus sehr feinkristallinem Feldspat, mit Augit und Magnetit in unvollkommen syndetischer Anordnung, enthält jedoch

auch in sehr reichlicher Menge in HCl zersetzbare, bräunlich gefärbte, amorphe Basis. Größere Ausscheidungen von Plagioklas, Augit und Magnetit.

Typ. Bf G_{IV}. — Qualitätsklasse: I—II.

Verwendung: Schloß zu Cleve. Alter 350 bis 400 J. Erhaltungszustand: geringe Verwitterungsrinde, aber beträchtliche Frostschäden.

Fig. 452. Leucitbasaltlava von Niedermendig. Die Grundmasse des porösen Gesteins besteht aus reichlichen Körnchen von Leucit und Augit mit Magnetit und Nephelin in dispergenter Anordnung. In geringfügiger Menge findet sich Plagioklas und Glasbasis.

Typ. Bfl G_{II}. — Qualitätsklasse: I, z. T. I—II: II.

Verwendung: Rheinbrücke bei Köln. Alter 34 J. Die glatten Flächen zeigen Spuren von Oberflächenverwitterung, die ornamentalen Teile stärkere Zerstörung.

C. Die Prüfung der Basalte auf ihre Eigenschaft als „Sonnenbrenner“.

877. Nach Leppla¹⁾ zeigen die Sonnenbrenner beim Kochen von Probestücken mit Ammoniumkarbonat, Natriumkarbonat oder Essigsäure jene weißen, sternförmigen Flecken, wie sie in Fig. 433 S. 739 abgebildet sind. Die schärfste und schnellste Reaktion der gleichen Art erhält man jedoch beim Kochen mit Salzsäure. 10 Minuten genügen in der Regel, um die Flecken hervorzurufen. (Siehe Fig. 453 a, b, c, d.)

878. Zur Ergänzung dieser Prüfung empfiehlt es sich, etwa faustgroße Probestücke in trockenem und nassem Zustande, unter Verwendung des in Fig. 454 abgebildeten Apparates²⁾ in folgender Weise zu erhitzen: Innerhalb 30 Minuten wird die Temperatur auf 50^o bzw. 100^o C gesteigert und während 3 Stunden annähernd auf dieser Höhe erhalten. Die Abkühlung erfolgt innerhalb 40 bis 60 Minuten. Diese Versuche werden in gleicher Weise 8mal wiederholt. Die zur Zerklüftung neigenden Basaltvorkommnisse zeigen erfahrungsgemäß folgendes Verhalten:

¹⁾ Leppla: Über den sog. Sonnenbrand der Basalte; Zeitschrift f. prakt. Geologie 1901, S. 170—176.

²⁾ Der aus Kupferblech gefertigte Erhitzungsapparat hat die Form der sog. Trockenschränke, ist jedoch von erheblich größeren Dimensionen und besitzt in einiger Entfernung von dem Boden eine starke eiserne Heizplatte, um eine langsame und gleichmäßige Temperatursteigerung zu ermöglichen. Zum Erhitzen dient ein großer, regulierbarer Vierlochbrenner.

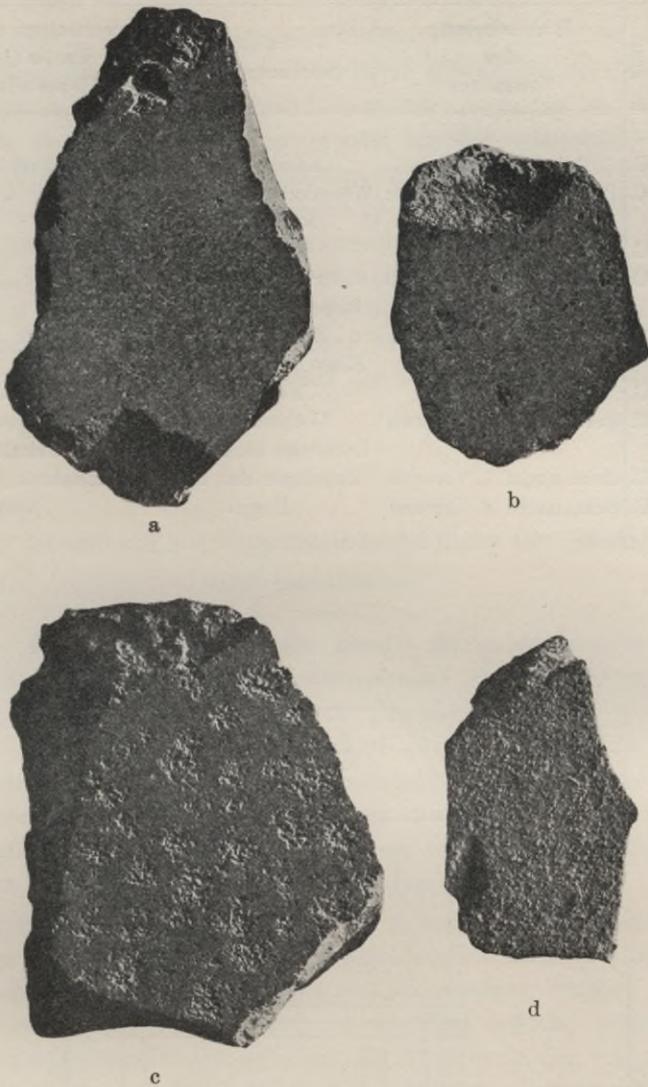


Fig. 453.

Mit Salzsäure gekochte Basaltproben:

- a) gesunder Basalt, zeigt keine Anätzung;
- b) Kontraktionskugel (Zerfallprodukt) aus einem Sonnenbrenner, ebenfalls ohne Ätzwirkung;
- c) Sonnenbrenner, mit herausgeätzten glasigen Partien;
- d) dichter Nephelinbasalt mit herausgeätztem Nephelin (nat. Größe).

| Gesteins- Nummer | Er- hitzungs- grad | Wiederholung des Versuches | Verhalten der trockenen Probe | Verhalten der nassen Probe ($\frac{1}{2}$ stünd. Wasserlagerung) |
|---------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 50 °C. | Beim 5. Versuch | Kleine Risse | Unverändert |
| „ | 100 °C. | Beim nachf. 6. Versuch | Während d. Abkühlung stark rissig | „ |
| 2 | 50 °C. | Beim 5. Versuch | Stark rissig | „ |
| „ | 100 °C. | Beim nachf. 6. Versuch | Erweiterung der Risse beim Erkalten | „ |
| „ | 100 °C. | Beim nachf. 7. Versuch | Zunahme der Risse beim Erkalten | Stark rissig |
| 3 | 50 °C. | Beim 5. Versuch | Unverändert | Unverändert |
| „ | 100 °C. | Beim nachf. 6. Versuch | Während des Erkaltens kleine Risse | Einzelne Sprünge, deren Zahl b. Erkalten zunahm |
| „ | 100 °C. | Beim nachf. 7. Versuch | Zunahme der Risse | Zunahme der Risse |
| „ | 100 °C. | Beim nachf. 8. Versuch | Desgl. | Desgl. |

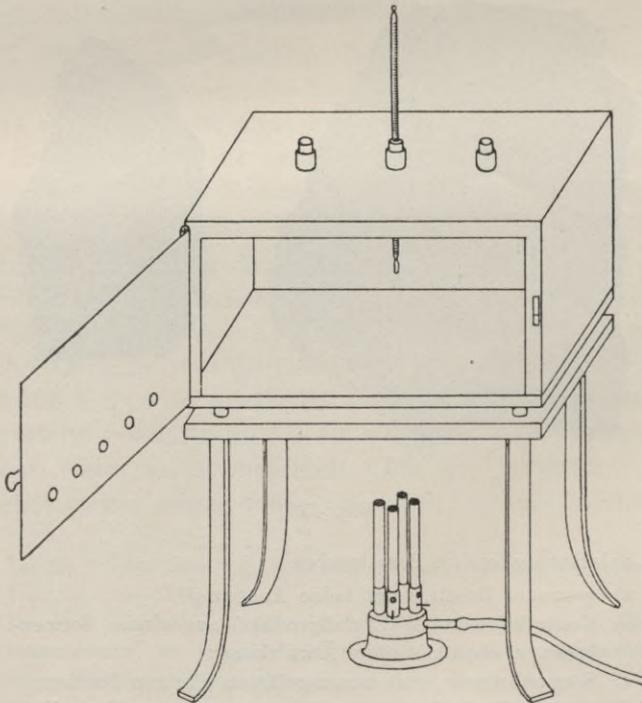


Fig. 454.

879. Man ersieht hieraus, daß 1. ein wiederholtes Erwärmen auf 50°C hinreicht, um bei gewissen Basalten Rißbildungen zu erzeugen, 2. diese Erscheinung schon bei einmaligem Erwärmen auf 100°C eintreten kann, 3. die Rißbildung z. T. erst beim Erkalten zu beobachten ist und 4. das trockene Gestein leichter als das wassergesättigte zerspringt. Ob das beobachtete Verhalten für alle Basalte, welche zur Zerklüftung neigen, als charakteristisch betrachtet werden darf, läßt sich bei der geringen Zahl der hier untersuchten Gesteine dieser Kategorie nicht mit Sicherheit behaupten. Jedenfalls aber wird man annehmen dürfen, daß diejenigen Basalte, welche infolge ungleichmäßiger Wärmeausdehnung schon bei 5- bis 8maliger Erhitzung auf 50°C Risse bekommen, das gleiche Verhalten auch als Bausteine zeigen werden.

D. Schemata zur Qualitätsbestimmung der Basalte und Basaltlaven.

880. Für die Bewertung der Basalte ist in erster Linie die Beschaffenheit der mikrogranulösen Grundmasse in Betracht zu ziehen, welche in gewissen Vorkommnissen die Hauptmasse des Gesteins bildet, in anderen nur, gleich einem Zement, die übrigen Bestandteile verkittet. Diese letzteren, welche in größeren mikroskopischen oder makroskopischen Ausscheidungen bestehen, vermögen die Qualität des Gesteins nur dann ungünstig zu beeinflussen, wenn sie in bedeutender Menge auftreten und einen beträchtlichen Zersetzungsgrad zeigen.

Es kommen aber auch Basalte vor, in welchen die größeren mikroskopischen Kristallausscheidungen (Plagioklas, Nephelin, Melilith, z. T. in Verbindung mit Augit) nicht nur die Hauptmasse, sondern auch die zusammenhängenden Bestandteile des Gesteins bilden, während die mikrogranulöse Grundmasse lediglich als Ausfüllung der eckigen Hohlräume zwischen den Kristallaggregaten auftritt („Intersertalstruktur“ s. Fig. 448 S. 747). In solchem Falle wird die Qualität des Gesteins im wesentlichen von der mehr oder weniger frischen und rißfreien Beschaffenheit jener symplexen Bestandteile abhängen, sowie von der Vollkommenheit ihrer Verwachsung bezw. ihrer Zementierung durch jene untergeordnete Grundmasse.

881. Grundschemata für die Bewertung der Grundmasse.

(Abkürzungen: a Augit; f Plagioklas; n Nephelin; l Leucit).

| Mengenverhältnis und Aggregationsform der Bestandteile | Feldspatbasalt ev. Verwitterungs- grad d. Plagioklas | | | | Nephelinbasalt ev. Verwitterungs- grad des Nephelin | | | | Leucitbasalt ev. Verwitterungs- grad des Leucit | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|
| | f ₁ | f ₂ | f ₃ | f ₄ | n ₁ | n ₂ | n ₃ | n ₄ | l ₁ | l ₂ | l ₃ | l ₄ |
| | Vollständig frisch | Spuren von Verwitterung | Ziemlich beträchtliche Verwitterung | Sehr beträchtl. Verwitterung | Vollständig frisch | Spuren von Verwitterung | Ziemlich be- trächtliche Verwitterung | Sehr beträchtl. Verwitterung | Vollständig frisch | Spuren von Verwitterung | Ziemlich be- trächtliche Verwitterung | Sehr beträchtl. Verwitterung |
| Augit (z.T. mit reichlichem Magnetit) vorherrschend: | Qualitätsziffern: | | | | | | | | | | | |
| 1) a als symplexer Gemengteil | 0,25 | 0,6 | 1,0 | 1,8 | 0,35 | 0,8 | 1,4 | 2,4 | 0,6 | 1,2 | 2,0 | 3,1 |
| 2) f, n oder l als syndetischer Gemengteil . | 0,3 | 0,7 | } 1,2 | 2,1 | 0,47 | 1,0 | } 1,7 | 2,7 | 0,8 | 1,5 | } 2,3 | 3,6 |
| 3) Sämtliche Gemengteile in dispergenter Form | 0,27 | 0,65 | | | 0,41 | 0,9 | | | 0,7 | 1,35 | | |
| Augit u. Feldspat bzw. Nephelin od. Leucit in annähernd gleicher Menge: | | | | | | | | | | | | |
| 1) a als syndetischer Gemengteil | 0,35 | 0,8 | 1,4 | 2,4 | 0,6 | 1,2 | 2 | 3,1 | 1,0 | 1,7 | 2,6 | 4,1 |
| 2) f, n oder l als syndetischer Gemengteil . | 0,47 | 1,0 | } 1,7 | 2,7 | 0,8 | 1,45 | } 2,3 | 3,6 | 1,25 | 1,9 | } 2,9 | 4,5 |
| 3) Sämtliche Gemengteile in dispergenter Form | 0,41 | 0,9 | | | 0,7 | 1,32 | | | 1,12 | 1,8 | | |
| Feldspat bzw. Nephelin oder Leucit als vorherrschender Gemengteil: | | | | | | | | | | | | |
| 1) f, n oder l als symplexer Gemengteil . | 0,6 | 1,2 | 2,0 | 3,1 | 1,0 | 1,7 | 2,6 | 4,1 | 1,5 | 2,1 | 3,2 | 5,0 |
| 2) a als syndetischer Gemengteil | 0,41 | 0,9 | } 1,5 | 2,5 | 0,7 | 1,3 | } 2,15 | 3,3 | 1,12 | 1,6 | } 2,6 | 4,3 |
| 3) Sämtliche Gemengteile in dispergenter Form | 0,5 | 1,0 | | | 0,85 | 1,5 | | | 1,31 | 1,85 | | |
| <p>Anmerkung: Die Qualitätsziffern für Melilithbasalt liegen zwischen denen des Feldspat- und Nephelinbasalts. Die Basalte mit vorherrschend glasier Grundmasse (Magmabasalte, Limburgite) haben sich nach den bisherigen Erhebungen, namentlich für Wasserbauten, als mittelmäßige bis schlechte Bausteine erwiesen. Zur Aufstellung eines Bewertungsschemas erscheinen jedoch die vorliegenden Beobachtungen nicht ausreichend.</p> | | | | | | | | | | | | |

1. Ergänzungstabelle

882.

zur Bewertung des Mengenverhältnisses und der Säurebeständigkeit der Glasbasis.

| Mengenverhältnis | Qualitätsziffern nach dem Grundschema | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 |
| Glasbasis in HCl schwer zersetzbar: | Ergänzungsziffern: | | | | | | | | | | | |
| Spärlich | + 0,05 | + 0,07 | + 0,09 | + 0,11 | + 0,13 | + 0,15 | + 0,17 | + 0,19 | + 0,21 | + 0,23 | + 0,25 | + 0,27 |
| Ziemlich reichlich | 0,1 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,30 | 0,32 |
| Reichlich | 0,3 | 0,32 | 0,34 | 0,36 | 0,38 | 0,4 | 0,42 | 0,44 | 0,46 | 0,48 | 0,50 | 0,52 |
| Sehr reichlich | 0,5 | 0,52 | 0,54 | 0,56 | 0,58 | 0,6 | 0,62 | 0,64 | 0,66 | 0,68 | 0,70 | 0,72 |
| Glasbasis in HCl ziemlich leicht zersetzbar: | + 0,25 | + 0,27 | + 0,29 | + 0,4 | + 0,42 | + 0,44 | + 0,46 | + 0,48 | + 0,5 | + 0,52 | + 0,54 | + 0,56 |
| Spärlich | 0,5 | 0,52 | 0,54 | 0,65 | 0,67 | 0,69 | 0,71 | 0,73 | 0,75 | 0,77 | 0,79 | 0,81 |
| Ziemlich reichlich | 0,7 | 0,72 | 0,74 | 0,85 | 0,88 | 0,9 | 0,92 | 0,94 | 0,96 | 0,98 | — | — |
| Reichlich | 0,9 | 0,92 | 0,94 | 1,06 | 1,08 | 1,1 | 1,12 | 1,14 | 1,16 | 1,18 | — | — |
| Glasbasis in HCl sehr leicht zersetzbar: | + 0,45 | + 0,47 | + 0,49 | + 0,6 | + 0,62 | + 0,64 | + 0,66 | + 0,68 | + 0,7 | + 0,72 | + 0,74 | + 0,76 |
| Spärlich | 0,7 | 0,72 | 0,74 | 0,9 | 0,92 | 0,94 | 0,96 | 0,98 | 1,0 | 1,02 | 1,04 | 1,06 |
| Ziemlich reichlich | 0,95 | 0,97 | 0,99 | 1,15 | 1,17 | 1,19 | 1,21 | 1,23 | 1,25 | 1,27 | — | — |
| Reichlich | 1,2 | 1,22 | 1,24 | 1,4 | 1,42 | 1,44 | 1,46 | 1,48 | 1,5 | 1,52 | — | — |
| Sehr reichlich | | | | | | | | | | | | |

Anmerkung: Die dem Gehalt an Glasbasis entsprechenden Ergänzungsziffern sind den bezüglichen Qualitätsziffern des Grundschemas hinzuzufügen.

2. Ergänzungstabelle

zur näherungsweise Bewertung des Olivinegehalts in den Basalten und des Porositätsgrades der Basaltlaven.

| Olivinegehalt | Reduktionsfaktor ¹⁾ | Varietät der Basaltlava | Reduktionsfaktor ¹⁾ für poröse bis stark kavernöse Ausbildung | ¹⁾ Die aus dem Grundschema und der 1. Ergänzungstabelle abgeleiteten Qualitätsziffern sind je nach dem Olivinegehalt des Gesteins bzw. seinem Porositätsgrade mit den zugehörigen Reduktionsfaktoren zu multiplizieren. |
|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reichlich | × 1,2 | Feldspatbasaltlava | × 1,15—1,25 | |
| Sehr reichlich | × 1,4 | Nephelinbasaltlava | × 1,25—1,35 | |
| In großen körnigen Knollen | × 1,6 | Leucitbasaltlava | × 1,35—1,45 | |

884.

3. Ergänzungstabelle

zur Bewertung des Sättigungskoeffizienten S .

| Sättigungskoeffizient S bzw. S_r | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0,75 | + 0,5 | + 0,58 | + 0,68 | + 0,84 | + 0,94 | + 1,04 | + 1,14 | + 1,24 | + 1,34 | + 1,44 | + 1,54 | + 1,64 | + 1,74 | + 1,84 |
| 0,85 | 1,5 | 1,58 | 1,68 | 2,14 | 2,30 | 3,40 | 3,50 | 3,60 | 3,70 | 3,80 | 3,90 | 4,0 | 4,1 | 4,2 |
| 0,9 u. darüber | 2,6 | 2,68 | 2,78 | 3,24 | 3,40 | 4,50 | 4,60 | 4,70 | 4,80 | 4,90 | 5,0 | 5,1 | 5,2 | 5,3 |
| Ergänzungsziffern: | | | | | | | | | | | | | | |
| Qualitätsziffern nach dem Hauptschema und der 1. u. 2. Ergänzungstabelle | | | | | | | | | | | | | | |

Anmerkung: Ist die Wasseraufsaugung W_2 geringer als 0,3 Gew.-%, so wird der Sättigungskoeffizient S nach der Formel $\frac{8}{9} \frac{W_2}{W_c}$ berechnet und gemäß diesem Werte von S_r die Ergänzungsziffer bestimmt.

885. Qualitätsklasse der Basalte als Wasserbaumaterial. Wie bereits hervorgehoben wurde, haben sich die bisher untersuchten Basalte im Wasserbau bei weitem weniger wetterbeständig erwiesen als bei ihrer Verwendung zu Hochbauten. Soweit die Beobachtungen reichen, gelangt man zu einer näherungsweise Bestimmung der Qualitätsklasse der Basalte als Wasserbaumaterial, wenn man die aus dem Grundschemata und der 1. bis 3. Ergänzungstabelle bestimmten Qualitätsziffern mit dem Reduktionsfaktor 1,5 multipliziert.

886. Zur Bewertung der Erhitzungsergebnisse (s. Abs. 878 S. 479). Nach den bisherigen Versuchen gehörten diejenigen Basalte, welche nach 8maligem Erwärmen auf 50° C. Sprünge zeigten, der Qualitätsklasse V—VI an; diejenigen Gesteine, welche sich hierbei intakt erwiesen, dagegen beim Erhitzen auf 100° C. zersprangen, der Qualitätsklasse III.

Kapitel 85.

Die systematische Ausführung der Prüfung.

887. Die Beschreibung des Gesteins hat folgende äußerlich erkennbare Eigenschaften zu berücksichtigen:

1. Farbe, 2. Struktur der Grundmasse (kleinkörnig, feinkörnig, mikrokristallin bis dicht, kompakt bis porös), 3. Einsprenglinge und deren Mengenverhältnis zur Grundmasse, 4. Ausscheidungen von Olivin (kleinkörnig bis grobkörnig, gleichmäßig oder ungleichmäßig verteilt bzw. in größeren kugelförmigen Aggregaten).

888. Für die eigentliche Prüfung kommt die Bestimmung folgender Eigenschaften in Betracht:

1. Die Druck- bzw. Zugfestigkeit, s. Kap. 6 S. 53 u. f.
2. Die Abnutzungshärte (für Straßenbaumaterialien), s. Kap. 7 B S. 89 u. f.
3. Das Raumgewicht, s. Kap. 8 S. 107 u. f.
4. Der Porositätsgrad und die Wasseraufnahme, s. Abs. 200—207 S. 109 u. f.
5. Die Erweichbarkeit in Wasser, s. Abs. 302 S. 193¹⁾.
6. Die Mikrostruktur:
 - a) Gehalt an Feldspat, Nephelin, Leucit bzw. Melilith sowie an Olivin und Magnetit;
 - b) Zersetzungsgrad und Strukturform dieser Bestandteile;

¹⁾ Nur bei Gesteinen mit nicht mehr ganz frischem Feldspat bzw. Nephelin oder Leucit erforderlich.

- c) Gehalt an glasigen Bestandteilen und deren chemisches Verhalten, s. Abs. 871 S. 737;
 - d) Gehalt an Augit und „symplexe“ bzw. „dispergente“ Ausbildungsform desselben.
7. Das Verhalten in kochender Salzsäure, s. Abs. 877 S. 749.
 8. Das Verhalten bei höherer Temperatur, s. Abs. 878—879 S. 749.
 9. Die Frostbeständigkeit:
 - a) Theoretische Frostprüfung nach Abs. 327 S. 220;
 - b) Experimentelle Frostprüfung nach S. 227 u. f.
 10. Der Wetterbeständigkeitsgrad nach Maßgabe der Bewertungsschemata S. 753 u. f.

Kapitel 86.

Anleitung zur praktischen Beurteilung der Basalte nach ihren äußerlich erkennbaren Eigenschaften und ihrer Erscheinungsweise im Steinbruch.

889. Die Basalte von kompakter Textur sind im allgemeinen, wenn sie nicht die Eigenschaft der Sonnenbrenner besitzen (s. Abs. 890, 6 u. 7), äußerst wetterbeständige Gesteine, und auch die Basaltlaven, obgleich deren Struktur kavernös ist, erweisen sich, falls das Mineralgefüge zwischen den Hohlräumen kompakt erscheint, als vortreffliche Baumaterialien.

Die vorzüglichsten Abänderungen liefern die Feldspatbasalte, und unter diesen zeichnen sich die augitreichen, welche meist von intensiv schwarzer Farbe sind, als besonders wetterbeständig aus¹⁾.

Bei frischer Beschaffenheit dürfen aber auch die Nephelin-, Leucit- und Melilith-Basalte als gute Bausteine gelten.

Da diese verschiedenen Varietäten nur in Dünnschliffen mit Hilfe des Mikroskops sicher unterschieden werden können, so ist man bei der praktischen Beurteilung des Gesteins nach äußeren Kennzeichen auf die Feststellung der von der Zusammensetzung abhängigen, allgemeinen Strukturverhältnisse und der vollkommen frischen Beschaffenheit des Gesteins angewiesen.

¹⁾ Die dunkle Farbe der Basalte rührt im allgemeinen von schwarzem Augit her, kann aber auch in Basalten mit hellem Augit durch reichlichen Gehalt an Magneteisen bedingt sein.

890. Gute Basalte sollen folgende Eigenschaften haben:

1. Die Schlagfläche muß unter der Lupe ein kompaktes Gefüge zeigen, und auch bei Basaltlaven soll die Gesteinsmasse zwischen den Hohlräumen diese Beschaffenheit aufweisen. Überdies muß die Schlagfläche im allgemeinen eben bis muschelig, nicht grobhöckerig sein.

In der Regel zeigen die Feldspatbasalte unter der Lupe eine feinkörnige, die Nephelinbasalte eine mehr glatte und die Leucitbasalte eine feinhöckerige Schlagfläche. Ist dieselbe mattglänzend und das Gestein dabei spröde, so pflegt dies auf einen beträchtlichen Gehalt an glasiger Substanz hinzudeuten, welche die Qualität des Gesteins erheblich beeinträchtigt.

2. Die Farbe soll gleichmäßig sein. Hellere Flecken und ockerige Ausscheidungen sind als ungünstige Kennzeichen zu betrachten.

3. Das Gestein darf mit der Stahlnadel nur schwach ritzbar sein, d. h. die Nadel darf nicht so tief eindringen, daß sich am Strich ein deutliches Randpulver bildet. Niedere Härtegrade verursachen eine beträchtliche Auflockerung am Strichrande, und diese Erscheinung zeigt einen namhaften Verwitterungsgrad an. Auch an den in größeren Körnern ausgeschiedenen Gemengteilen (Olivin, Augit) läßt sich der Zersetzungsgrad auf diese Weise bestimmen¹⁾.

4. Das Gestein darf beim Anhauchen oder nach dem Befeuchten mit Wasser keinen Tongeruch zeigen.

5. Nach mehrwöchiger Wasserlagerung soll ein namhafter Festigkeitsunterschied zwischen der betreffenden Probe und dem trockenen Gestein beim Zerschlagen nicht bemerkbar sein.

6. Bei etwa 10 Minuten langem Kochen mit Salzsäure dürfen die Probestücke keine weißen, sternförmigen Flecken aufweisen.

7. Nach mehrmaligem Erhitzen auf ca. 250⁰ soll das Gestein keine Sprünge zeigen.

Anmerkung. Entstehen beim Kochen der Probestücke mit Salzsäure weiße Flecken, oder zerspringt das Gestein beim Erhitzen, so besitzt dasselbe die Eigenschaft der Sonnenbrenner.

¹⁾ Die Härte der Bestandteile des Basalts ist folgende: Feldspat: 6; Augit: 5—6; Nephelin und Leucit: 5,5—6; Melilith: 5—5,5; Olivin: 6,5—7; Magneteisen: 5,5—6,5. Mineralien der Härte 6 sind mit der Stahlnadel fast garnicht oder nur äußerst schwer ritzbar.

Beurteilung der Wetterbeständigkeit des Gesteins nach Maßgabe seiner Erscheinungsweise im Steinbruch.

891. Es ist eine bekannte Erscheinung, daß innerhalb ein und desselben Basalt-Bruches nicht selten verschiedene Abänderungen des Gesteins vorkommen. Schon eine genaue Untersuchung mit der Lupe wird über die Gleichartigkeit oder Ungleichartigkeit des Materials Aufschluß geben. Überdies aber empfiehlt es sich, die in Abs. 890 S. 758 dargelegten Untersuchungsmethoden auf das Material aus den verschiedenen Bruchlagen anzuwenden.

Da das Vorkommen von Sonnenbrennern sich namentlich auf die oberen Partien der Basaltbrüche zu beschränken pflegt, so werden diese Lagen eine besonders sorgfältige Untersuchung erheischen.

Als Umwandlungsprodukte können besonders auftreten: Serpentin, Kalkspat, Brauneisen und tonige Produkte. Finden sich derartige Bildungen im Basalt, oder geht die dunkle Färbung in grau, graugelb oder braun über, so wird festzustellen sein, inwieweit die Härte und Festigkeit des Gesteins dadurch beeinträchtigt ist. Festigkeits- und Härteverminderungen sind stets als Zeichen geringerer Qualität zu betrachten; desgleichen eine sehr rauhe oder hackige Bruchfläche, bezw. eine grobkörnige Struktur (Körnerbasalt).

892. Daneben sind für die Verwendungsweise des Basalts vor allem die im großen ausgebildeten Absonderungsformen des Gesteins maßgebend.

Dünn-säulenförmige Basalte mit starker Quergliederung eignen sich nur zu Kleinschlag für Straßendecken bezw. als Pflastermaterial; Säulenbasalte mit ebenflächiger Quergliederung sind solchen mit kugelförmiger Absonderung vorzuziehen.

Basalte mit unregelmäßiger, kleinstückiger Zerklüftung pflegen infolge bereits eingetretener Verwitterung gutes Material für Straßenschotter nicht zu liefern.

Bei Platten-Basalten ist darauf zu sehen, daß innerhalb der Platten keine Lagerrisse auftreten, und daß das Gestein sich nicht scherbenförmig schlägt.

XVI. Teil.

Die Schalsteine und ihre Prüfung.

Kapitel 87.

A. Allgemeine petrographische Charakteristik.

893. Der Schalstein ist im wesentlichen ein schiefriger, von kohlen-saurem Kalk imprägnierter Diabastuff, der meist in beträchtlicher Menge von Kalk- und Tonschlamm durchsetzt erscheint. Die grün, grau, gelblich oder rötlich gefärbte Grundmasse ist feinerdig, schiefrig bis flasrig, enthält mehr oder weniger reichlich Chlorit bezw. Sericit und umschließt Bruchstücke von Tonschiefer, spärliche Feldspatkörner und reichlichen Kalkspat in Nestern, Körnern, Lagen oder netzförmigen Adern. Auch Chlorit und Sericit treten nicht selten in Streifen und Adern auf, welche quer durch die Schichtungsflächen hindurch gehen. Meist läßt sich das Gestein sehr leicht in große Platten, „Schalen“ genannt, spalten. Durch Auswitterung des Kalkspats entstehen durchlöchernte und schwammige Gesteine, die „Blattersteinschiefer“.

Untergeordnet kommen in den Schalsteinen vor: Eisenkies, z. T. in Kristallgruppen, äußerlich meist in Brauneisen umgewandelt, Rot-eisenerz und mitunter Anthrazit. Auch finden sich nicht selten Einschlüsse von Muschelschalen.

Werden die Bruchstücke von Diabas und anderen fremdartigen Felsarten in den Schalsteinen vorherrschend, so entstehen förmliche Brekzien bezw. Konglomerate.

B. Die Mikrostruktur der Schalsteine und die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit¹⁾.

894. Auch in der Mikrostruktur der Schalsteine tritt im allgemeinen eine streifige Sonderung der Gemengteile hervor. Dabei erscheint

¹⁾ Die hier mitgeteilten Beobachtungen beziehen sich lediglich auf Nassauische Schalsteine, von welchen jedoch ein reichliches Material zur Untersuchung vorlag.

die Gesteinsmasse mehr oder weniger reichlich durchflochten von einer im durchfallenden Licht grünlich-gelb gefärbten, äußerst feinkörnigen bis feinschuppigen Substanz, durch welche die charakteristische Farbe der Schalsteine bedingt wird. Dieses grüne Mineral durchdringt die übrigen Gemengteile teils in Form eines regelmäßigen, feinmaschigen, flasrigen Netzwerks (s. Fig. 455 S. 764), teils in gröberen, unregelmäßigeren Maschen oder in Form diskontinuierlicher, schichtiger Einlagerungen (s. Fig. 457). Ihrer mineralogischen Natur nach darf man die in Rede stehende Substanz als einen zersetzten Diabastuff ansehen, in welchem namentlich der Augit verändert und in sog. Chloropit umgewandelt ist. Der Umstand, daß in den porösen Schalsteinen, den sog. Blattersteinen, ein Teil der körnigen Gemengteile mehr oder weniger vollständig ausgewittert ist, während die chloropitische Substanz durchaus intakt erscheint, liefert den Beweis ihrer Wetterbeständigkeit. Sie darf daher für solche Gesteine, in welchen sie sehr reichlich und in flasriger Ausbildung auftritt, als das widerstandsfähige Bindemittel betrachtet werden, durch welches die übrigen Bestandteile zusammengehalten werden, und in der Tat ergibt die Untersuchung, daß die besten Nassauischen Schalsteine, welche sich in Bauwerken von über 600 Jahren als wetterfest erwiesen haben, den Chloropit in vorherrschender Menge und in Form eines feinen Netzwerks enthalten, und daß solche Gesteine, welche diese Substanz in geringerer Menge und in gröberen Maschen aufweisen, der mittleren Qualität angehören, während die schlechten Schalsteine, welche schon nach 20 Jahren beträchtliche Verwitterungserscheinungen zeigen, Chloropit nur untergeordnet in diskontinuierlichen Streifen enthalten. Es darf hiernach angenommen werden, daß die erwähnten Strukturverhältnisse einen maßgebenden Einfluß auf die Wetterbeständigkeit der Schalsteine auszuüben vermögen.

895. Zu bemerken ist jedoch, daß die chloropitische Substanz nicht selten Titaneisen in mikroskopischen Körnchen, Korngruppen und körnigen Streifen enthält, und zwar meistens nicht mehr in frischem Zustande, sondern teilweise oder auch gänzlich in eine stark eisenhaltige, braune, leukoxenartige Masse umgewandelt¹⁾. Diejenigen Schalsteine, welche dieses Zersetzungsprodukt, — dessen hier auftretende Ausbildungsform als „Ferrosit“ bezeichnet werden mag, — in größerer Menge enthalten, erscheinen unter dem Mikroskop, in der Nähe der

¹⁾ Das als Leukoxen oder als Titanomorphit bezeichnete Verwitterungsprodukt des Titaneisens ist sonst meist grauweiß gefärbt und besteht nach anderweitigen Untersuchungen teils aus pulverförmigem Titanit, teils aus Anatas oder auch aus Perowskit.

Titaneisenkörnchen, wie von einem braunen Saft durchtränkt und sind in ihrem Gefüge mehr oder weniger gelockert. Hieraus erklärt es sich, daß ferrosithaltige Schalsteine, selbst wenn der chloropitische Gemengteil in stärkeren, netzförmigen Einlagerungen auftritt, dennoch zu den minderwertigen Gesteinen gehören. Einen gleich ungünstigen Einfluß üben aber alle pulverulenten und erdigen Beimengungen aus, sei es, daß dieselben aus tonigen Substanzen oder aus fein zerriebenem, lockeren Tuffmaterial bestehen. Im übrigen erweisen sich die dünn-schiefrigen ebenso wie die stark porösen Abänderungen von erheblich geringerem Wetterbeständigkeitsgrade als die kompakten Gesteine.

896. Nach den bisherigen Untersuchungen lassen sich namentlich folgende **mikroskopische Strukturtypen** unterscheiden:

- S_I. Die chloropitische Substanz bildet ein zusammenhängendes, flasriges Netzwerk, in welchem vorzugsweise kleinere, untergeordnet auch größere Kalkspatkörner zusammen mit Brocken von zersetztem Diabastuff eingelagert sind. Qualität: IC.
- S_{II}. Die chlorop. Subst. ist als ein unzusammenhängendes Netzwerk ausgebildet. Sonst wie S_I. Qualität: I.
- S_{III}. Die chlorop. Subst. bildet parallele Lamellen, zwischen denen ein Gemenge von Kalkspat und zersetztem Diabastuff eingelagert ist. Qualität: I—II.
- S_{IV}. Die chlorop. Subst. tritt nur in spärlichen, unregelmäßigen Lamellen auf. Im übrigen wie S_{III}. Qualität: II.
- S_V. Die chlorop. Subst. fehlt fast vollständig. Große, mehr oder weniger zusammenhängende Kalkspatkörner, z. T. mit gebogener, polysynthetischer Zwillingsstreifung, liegen in einer kleinkörnigen Grundmasse, welche aus einem Gemenge von Kalkspat und Tuffsubstanz besteht. Qualität: II.

897. Die den obigen Strukturtypen beigefügten Qualitätsziffern gelten nur für ferrosit- und eisenkiesfreie, kompakt ausgebildete Schalsteine, welche keinen größeren Gehalt an erdigen Gemengteilen aufweisen. In beträchtlichem Maße wird die Qualität des Gesteins vermindert:

1. durch reichlichen Gehalt an Ferrosit bezw. Eisenkies;
2. falls das Gestein durch Verwitterung der genannten Bestandteile rostbraun gefärbt ist;
3. durch einen größeren Gehalt an feinpulvrigen oder erdigen Bestandteilen;
4. durch lockeres oder poröses Gefüge und durch dünn-schiefrige Ausbildung.

C. Die chemische Zusammensetzung der Schalsteine.

898. Entsprechend der mannigfachen petrographischen Beschaffenheit der Schalsteine variiert auch die chemische Zusammensetzung bei den verschiedenen Vorkommnissen sehr beträchtlich. Der Gehalt an Karbonaten schwankt zwischen 12 und 65⁰/₀; der Gehalt an sonstigen, in Säuren löslichen Bestandteilen zwischen 6 und 45⁰/₀, die Menge der unlöslichen Bestandteile zwischen 26 und 77⁰/₀. Soweit die ausgeführten Analysen erkennen lassen, bestehen zwischen der Wetterbeständigkeit dieser Gesteine und den in HCl zersetzbaren Gemengteilen folgende Beziehungen:

Bei den besten Abänderungen schwankt der zersetzbare Gehalt an Tonerde zwischen 0,75 und 4⁰/₀, an Eisenoxyd zwischen 4 und 7⁰/₀; der Gesamtgehalt der in Salzsäure löslichen Bestandteile exkl. der Karbonate zwischen 8 und 15⁰/₀. Bei den Gesteinen mittlerer Qualität beträgt der zersetzbare Gehalt an Tonerde 8 bis 10,5⁰/₀; an Eisenoxyd 10 bis 15⁰/₀; der Gesamtgehalt an zersetzbaren Bestandteilen exkl. der Karbonate 19 bis 24⁰/₀. Für die völlig wetterunbeständigen Schalsteine ergab die Analyse des Salzsäureauszuges: Tonerde 12 bis 14⁰/₀, Eisenoxyd 20 bis 42⁰/₀, Gesamtgehalt an zersetzbaren Bestandteilen 25 bis 52⁰/₀.

Eine gesetzmäßige Beziehung zwischen der Qualität des Gesteins und dem Gehalt an kohlen-sauren Verbindungen ist nicht nachweisbar. Vielmehr kommt ein hoher und niedriger Karbonatgehalt bei den besten wie bei den schlechtesten Abänderungen vor.

Kapitel 88.

Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.

899. Hinsichtlich der Qualitätsklassen siehe die Ausführungen in Abs. 896 S. 762.

Fig. 455. Schalstein von Wetzlar. Die chloropitische Substanz bildet ein zusammenhängendes, feinmaschiges, flasriges Netzwerk, in welchem vorherrschend kleinere, untergeordnet auch größere Kalkspatkörner neben spärlichen Brocken von Diabastuff eingelagert sind.

Typ. S_I. — Strukturklasse: I C.

Verwendung: Dom zu Wetzlar. Alter 400 bis 1000 J. Erhaltungszustand: im allgemeinen gut; an den Statuen des Südportals jedoch starke Verwitterung. Qualitätsklasse: IC.



Fig. 455. Vergr. 60 \times . Typ. S_I.



Fig. 456. Vergr. 46 \times . Typ. S_V.

Fig. 456. Schalstein der Umgegend von Dillenburg. Die chloropitische Substanz fehlt fast vollständig. Große, mehr oder weniger zusammenhängende Kalkspatkörner mit gebogener, polysynthetischer Zwillingsstreifung liegen in einer feinkörnigen Grundmasse, welche aus einem Gemenge von Kalkspat und Diabastuff besteht.

Typ. S_V. — Strukturklasse: II.

Verwendung: Schloßmauer zu Dillenburg. Alter 350 J. Erhaltungszustand: namentlich an den Kanten beträchtlich abgewittert. Qualitätsklasse: II.

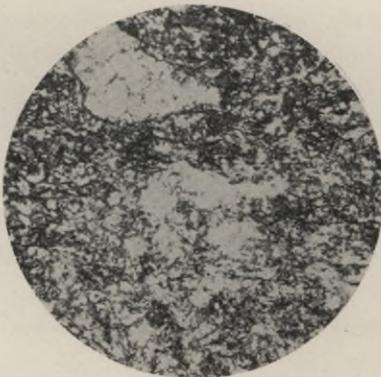


Fig. 457. Vergr. 42 \times . Typ. S_{III}.

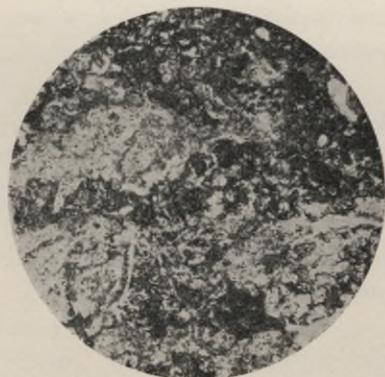


Fig. 458. Vergr. 45 \times . Typ. S_{IV}.

Fig. 457. Schalsteine von Hermannstein, Lahnkreis. Die chloropitische Substanz, mehr oder weniger reichlich mit zersetztem Ferrosit durch-

wachsen, bildet parallele Lamellen, zwischen denen ein Gemenge von Kalkspat und reichlichem zersetzten Diabastuff eingelagert ist.

Typ. S_{III}. Strukturklasse: I—II.

Verwendung: Wohnhaus zu Wetzlar. Alter 20 J. Erhaltungszustand: deutliche Verwitterungsrinde und ziemlich mürbe. Qualitätsklasse: IV.

Fig. 458. Schalstein von Hermannstein, Lahnkreis. Die chloropitische Substanz bildet nur spärliche, unregelmäßige Lamellen und ist reichlich mit zersetztem Ferrosit durchwachsen. Die Hauptmasse des Gesteins besteht aus einem Gemenge von Kalkspat und zersetztem Diabastuff.

Typ. S_{IV}. — Strukturklasse: II.

Verwendung: Wohnhaus zu Wetzlar. Alter 20 J. Erhaltungszustand: beträchtliche Oberflächenverwitterung; im Innern ziemlich mürbe. Qualitätsklasse: V.

900. Anmerkung: Die systematische Prüfung der Schalsteine erfolgt im allgemeinen nach der für die übrigen Gesteine gegebenen Anleitung (als Beispiel s. Kap. 76 S. 716). Zur Bestimmung des Wetterbeständigkeitsgrades sind die im Vorstehenden dargelegten Gesichtspunkte maßgebend.

XVII. Teil.

Die vulkanischen Tuffe und ihre Prüfung¹⁾.

Kapitel 89.

A. Allgemeine petrographische Charakteristik.

901. Die vulkanischen Tuffe bilden die Zementierungsprodukte vulkanischer Aschen, Sande und Lapilli. Nach ihrer petrographischen Zusammensetzung unterscheidet man:

1. Trachyttuff. Ein mehr oder weniger lockeres bis festes Gestein, welches aus zerkleinertem, z. T. zersetztem, trachytischem Material von kreidiger bis erdiger Beschaffenheit besteht, das größere Kristalle von Sanidin und Hornblende oder Brocken von Trachyt umschließt.

2. Phonolithtuff. Ein meist erdiges Aggregat von zerkleinertem, phonolithischem Material, welches Kristalle von Augit, Hornblende, Sanidin und mitunter auch von Leucit (Leucitphonolithtuff) nebst Brocken von verwittertem Phonolith oder auch von Bimsstein umschließt.

3. Leucittuff. Die feinerdige Grundmasse umschließt reichlich verwitterte Leucitkristalle, Augit, Sanidin und Glimmer nebst Bruchstücken von Leucitphyr und mitunter auch von Tonschiefer.

4. Bimssteintuff (Traß, Duckstein). Das erdige Gestein besteht vorwiegend aus zerriebenem Bimsstein und umschließt größere Brocken desselben, sowie Kristalle von Sanidin, Leucit, Augit usw. nebst Fragmenten von Grauwacke, Tonschiefer, Basalt usw.

5. Basalttuff. Die aus zerriebenem, mehr oder weniger zersetztem Basaltmaterial bestehende dichte bis erdige Grundmasse umschließt Brocken von Basalt sowie Kristallfragmente von Olivin, Augit

¹⁾ Über Porphyrtuffe s. XIII. Teil S. 705 u. f.

und Magnetit neben Kalkspat, Aragonit und Zeolithen in Adern und Nestern.

6. Palagonittuff. Ein brauner Basalttuff, welcher ein honiggelbes bis braunes Basaltglas (Palagonit) enthält, das in kleinen Körnern und Brocken auftritt und zuweilen auch die Basaltbrocken umrindet.

B. Die Mikrostruktur der vulkanischen Tuffe und die Bedingungen ihrer Wetterbeständigkeit ¹⁾.

902. Die mikroskopische Untersuchung der Phonolith- und Trachytuffe läßt erkennen, daß die Verbindung der staubförmigen Fragmente, aus welchen die Grundmasse der gedachten Gesteine vornehmlich besteht, durch eine im Dünnschliff meist wasserhell erscheinende isotrope Substanz bewirkt wird. Diese mehr oder weniger reichlich auftretende Basis ist entweder von vollkommen homogener Beschaffenheit (Typ. VI) oder sie enthält unvollkommen bis vollkommen abgegrenzte rundliche, wasserhelle Körner (Typ. III—V) oder endlich mehr oder weniger dicht gedrängte stenglige „Kristallite“ ²⁾ (Typ. I—II). Durch diese Basis werden die mikroskopischen Kristalle und Kristallfragmente von Leucit, Sanidin, Hornblende, Augit, Glimmer usw. mehr oder weniger fest verbunden. Auch authigene Kristallbildungen von Kalkspat sowie von zeolithischen Substanzen kommen bisweilen vor. In dieser Grundmasse, deren Gefüge je nach der Menge der Basis ziemlich dicht bis sehr locker sein kann, finden sich mehr oder weniger reichlich größere Brocken von Trachyt, Bimsstein, Grauwacke, Tonschiefer usw. sowie auch Muschelreste und verkohlte pflanzliche Bestandteile.

903. Bei den besten Tuffen der Umgegend von Weibern bildet die reichliche Basis ein dicht gedrängtes Aggregat stengliger Kristallite; bei den weniger guten Abänderungen treten jene länglichen Formen zurück und werden durch rundlichkörnige Kristallite mit verschwommenen Umrissen ersetzt. Von noch geringerer Beständigkeit haben sich diejenigen Tuffe erwiesen, in denen die isotrope Grundmasse, wie durch polygonale Sprünge, unvollkommen körnig differenziert erscheint.

¹⁾ Die Mehrzahl der Tuffe, auf welche sich die obigen Ausführungen beziehen, entstammt der Eifel (Weibern, Rieden, Ettringen und Brohltal); einige andere der Umgegend von Wolsdorf bei Siegburg und von Homberg bei Kassel.

²⁾ Als „Kristallite“ sollen nach dem Vorschlag von Vogelsang diejenigen mikroskopischen Gebilde von bestimmter, regelmäßiger Form (Körnchen, Stäbchen usw.) bezeichnet werden, welche weder Andeutungen einer Kristallumgrenzung zeigen, noch doppelbrechend sind.

Gesteine mit vollkommen homogener Basis haben sich gut bewährt. Vorteilhaft erscheint auch das Vorwalten mikroskopischer Kristalle von Sanidin, Hornblende, Augit und Glimmer, während der Leucit als ein ungünstiger Bestandteil zu betrachten ist. Es gibt Tuffe, deren Grundmasse lediglich aus einer lockeren Aggregation von Leucitkörnchen gebildet ist, mit sehr geringfügiger Basis, und solche Gesteine dürfen als durchaus wetterunbeständig bezeichnet werden.

904. Von geringem Einfluß auf die Qualität der Tuffe sind im allgemeinen die makroskopischen Einlagerungen von Sanidin, Augit und Hornblende. Bedenklicher sind reichliche Einschlüsse von Tonschiefer und Grauwackenstücken, vor allem aber von Bimssteinbrocken. Es kommen Tuffe vor, welche vorwiegend aus kleineren bis walnußgroßen Stücken von Bimsstein bestehen. Meist enthält der Bimsstein in den Phonolithtuffen reichlich Leucit und zeigt ein äußerst lockeres Gefüge, indem die Leucitkörnchen durch dünne Glasfäden wie Perlen auf einer Schnur aneinandergereiht sind. Dieses überaus bröcklige Gebilde verwittert auch sehr schnell; der Leucit zerfällt zu weißem Mehl, und so zeigen die betreffenden Tuffe bald große löcherige Ausnagungen, um bei der ohnehin geringen Festigkeit des Materials in verhältnismäßig kurzer Zeit gänzlich zerstört zu werden.

905. In den Basalttuffen pflegt die isotrope Basis meist von brauner Farbe und homogener Beschaffenheit zu sein, doch finden sich darin mitunter auch die oben beschriebenen kristallitischen Bildungen. Häufig herrschen die makroskopischen Einlagerungen, namentlich von zersetzten Basaltbrocken, derartig vor, daß konglomerat- und brekzienartige Tuffe entstehen. Eine reichliche Ausbildung findet die glasartige Basis namentlich in den Palagonittuffen, welche das braune Glas nicht nur in Körnern und als Ausfüllung der Höhlungen, sondern auch als Übrindung der Basaltbrocken enthalten. Der Palagonittuff von Wolsdorf bei Siegburg, welcher diese Beschaffenheit zeigt, hat sich in 500 bis 750 Jahre alten Bauwerken ziemlich gut gehalten.

Nach Maßgabe der bei den Basalten gewonnenen Erfahrungen wird man jedoch annehmen dürfen, daß nur diejenigen Tuffe dieser Art als wetterfest zu betrachten sind, deren Glasbasis von Säuren schwer angreifbar ist.

906. Es ist eine bekannte Erscheinung, daß die äußere Rinde der Tuffwerksteine in alten Bauten sich meistens beträchtlich härter erweist als das Gesteinsinnere. Da dieses Verhalten auf die zementierende Eigenschaft der Tuffsubstanz zurückzuführen ist, so konnte man vermuten, daß die Wetterbeständigkeit des Gesteins im wesentlichen auf diesem Erhärtungsprozeß beruht. Daß dies jedoch nicht ausschließlich der Fall ist, vielmehr daneben noch andere

Gesteinseigenschaften als Bedingung der Wetterfestigkeit in Betracht kommen, beweisen insbesondere auch die Bimssteintuffe des Brohltals, welche früher ebenfalls als Bausteine verwendet worden sind, sich aber sehr schlecht bewährt haben, trotzdem ihre zementierenden Eigenschaften in beträchtlichem Maße die der Phonolithtuffe übertreffen.

C. Die für die Prüfung der vulkanischen Tuffe in Betracht kommenden Strukturelemente und ihre Signatur.

907.

1. Tuffarten.

| | | | |
|----|------------------------------------------|-----|----------------|
| Tr | Trachyttuff; | Tph | Phonolithtuff; |
| Tl | Leucittuff und Leucitphonolith- tuff; | Tb | Basalttuff; |
| | | Tpl | Palagonittuff. |

908.

2. Ausbildung der Grundmasse¹⁾.

- Typ. I₁₋₃ vorwaltend aus dicht gedrängten, stengligen Kristalliten bestehend, mit Leucit, Sanidin oder Augit usw., je nach Art des Tuffes. Qualitätsklasse: IC bis I—II;
- „ II₁₋₃ wie Typ. I, überdies aber mit authigenen Kristallbildungen. Qualitätsklasse: IB bis I;
- „ III₁₋₃ vorwaltend aus rundlich-körnigen Kristalliten bestehend, mit Leucit, Sanidin oder Augit usw. Qualitätsklasse: I—II bis II—III;
- „ IV₁₋₃ wie Typ. III, überdies aber mit authigenen Kristallbildungen. Qualitätsklasse: I—II bis II—III;
- „ V₁₋₃ vorwaltend aus unvollkommen abgegrenzten, im übrigen ineinander übergehenden, rundlich-körnigen Kristalliten bestehend, mit Leucit, Sanidin oder Augit usw. Qualitätsklasse: II—IV;
- „ VI₁₋₃ vorwaltend aus einer homogenen, isotropen Masse bestehend, welche mehr oder weniger reichlich Leucit, Sanidin oder Augit und Mikrolithe enthält. Qualitätsklasse: IC—I bzw. I—II.
- Bedeutung der Indizes für Typ. I—VI: 1 ziemlich dichtes Gefüge; 2 ziemlich lockeres Gefüge; 3 sehr lockeres Gefüge.

909.

3. Größere Einschlüsse der Grundmasse.

K: Kristalle und Kristallfragmente;

| | | | | | |
|---|-----------|----|-------------|---|-----------------------------------|
| f | Feldspat; | a | Augit; | m | Magnetit; |
| s | Sanidin; | h | Hornblende; | q | Quarz; |
| l | Leucit; | gl | Glimmer; | A | authigene Kristall- bildungen. |

Indizes: 1 sehr spärlich; 2 untergeordnet; 3 ziemlich reichlich; 4 reichlich; 5 sehr reichlich.

¹⁾ Zur Bestimmung der Mikrostruktur der Grundmasse ist eine etwa 600fache Vergrößerung erforderlich.

B: Gesteins-Bruchstücke;

| | | |
|---------------|-----------------|--------------|
| Bi Bimsstein; | t Trachyt; | g Grauwacke. |
| Ba Basalt; | to Tonschiefer; | |

Indizes wie vorstehend.

Ev. Zersetzungsgrade der Einsprenglinge und Bruchstücke:

I frisch; II Spuren von Verwitterung; III ziemlich beträchtliche Verwitterung; IV sehr beträchtliche Verwitterung; V vollkommen verwittert.

D. Die chemische Zusammensetzung der Tuffsteine.

910. Die chemische Zusammensetzung der vulkanischen Tuffe ist eine überaus verschiedene, ohne daß ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen dem Wetterbeständigkeitsgrad des Gesteins und seinem Gehalt an Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd und Alkalien zu erkennen wäre. In einer größeren Anzahl untersuchter Tuffe schwankte der Gehalt der in Salzsäure unzersetzbaren Bestandteile zwischen 28,96 und 58,79 % und der Gehalt an abgeschiedener Kieselsäure zwischen 4,88 und 36,89 %. Im Salzsäureauszug wurden gelöst: Al_2O_3 0,31 bis 19,67 %, Fe_2O_3 0,93 bis 22,67 %, CaO 0,59 bis 34,40 %, MgO 0,43 bis 2,13 %, K_2O 0 bis 4,78 %, Na_2O 0,46 bis 6,02 %, CO_2 0,28 bis 26,69 %. Der Glühverlust betrug 1,34 bis 10,68 %.

911. Das Gesamtergebnis der ausgeführten Untersuchungen war folgendes:

In den wetterbeständigen Abänderungen der Phonolith- und Trachyttuffe schwankt der Gehalt an kohlenurem Kalk zwischen 1,9 und 3,2 %. Es gibt aber auch Tuffsteine mit einem Kalkgehalt von 40 bis 60 %, und solche Abänderungen haben sich durchweg als wetterunbeständig erwiesen. Die guten Tuffe ergaben einen in Salzsäure nicht zersetzbaren Rückstand von 32 bis 47 %, die schlechteren dagegen nur einen solchen von 23 bis 28 %.

Die in den Phonolithtuffen eingeschlossenen Bimssteinbrocken haben nahezu dieselbe Zusammensetzung wie das Gesamtgestein. Trotzdem ist das Verhalten beider gegen Säuren ein sehr verschiedenes. Während von der betreffenden Bimssteinsubstanz 87 bis 95 % durch Salzsäure zersetzt wurde, betrug die zersetzbare Substanz im bimssteinfreien Gestein nur 23 bis 47 %. Entsprechend diesem Verhalten ist auch die Verwitterung der Bimssteinbrocken eine beträchtlich stärkere als die der übrigen Tuffsubstanz, und es erwiesen sich deshalb stark bimssteinhaltige Tuffe durchgängig als minderwertig.

E. Die Wasseraufsaugungsfähigkeit, Festigkeit und Frostbeständigkeit der Tuffsteine.

912. Für die Theorie der Frostwirkung an natürlichen Bausteinen ist das Verhalten der Tuffsteine von besonderem Interesse. Trotzdem diese Gesteinsart zu den porösesten und weichsten gehört, welche eine bautechnische Verwendung finden, erweisen sie sich im allgemeinen als durchaus frostbeständig.

Die Druckfestigkeit des besten Weibern-Tuffsteins beträgt durchschnittlich ca. 146 kg/qcm, während frostunbeständige Sandsteine noch eine Druckfestigkeit von 200 bis 600 kg, dergleichen Kalksteine eine solche von 500 bis 1000 kg besitzen.

Der Porositätskoeffizient für Weibern-Tuff ist, in Vol.-% ausgedrückt, durchschnittlich 45, d. h. die Gesamtheit der Poren bildet fast die Hälfte von dem Rauminhalt des Gesteins. Bei schlechten Sandsteinen ist der Porositätskoeffizient höchstens 28, bei schlechten Kalksteinen nur 25. Trotzdem zeigen Tuffsteine an Bauwerken aus der Karolinger Zeit, die also während eines Zeitraums von über 1000 Jahren dem Einfluß der Witterung ausgesetzt waren, dennoch nur eine mäßige Verwitterungsrinde ohne Frostwirkung.

Es ergibt sich hieraus, daß Gesteine von äußerst geringer Festigkeit und größter Porosität dennoch wetterfest und namentlich auch frostbeständig sein können, während sich andererseits feststellen läßt, daß überaus feste und in ihrem Gefüge dichte Gesteine der Frostwirkung erliegen, sobald die Poren des Gesteins durch Kapillarwirkung nahezu vollständig vom Wasser erfüllt werden, ihr Sättigungskoeffizient also den kritischen Wert von 0,8 übersteigt.

913. Hinsichtlich der Wasseraufsaugung ergab die Untersuchung der Tuffe folgendes Resultat: Das Gestein von Weibern mit dem Porositätskoeffizienten 45 besitzt bei sehr langsamer Wasseraufnahme einen Sättigungskoeffizienten von 0,73, bei schnellem Eintauchen in Wasser nur von 0,66. Solche Gesteine zerfriren aber, wenn sie von gleichmäßiger Struktur sind, nach allen anderweitigen Erfahrungen nicht, und es ist von Wichtigkeit, zu konstatieren, daß dies selbst dann nicht der Fall ist, wenn die Festigkeit eine so geringe ist wie bei den Tuffen. Schlechte Gesteine dieser Art, wie z. B. gewisse Abänderungen von Brohltal-Traß oder Duckstein, dessen Porositätskoeffizient nur 22 ist, zeigen eine Wassersättigung der Poren von 82 Vol.-%, und hier ist denn auch eine namhafte Frostwirkung bei ihrer Verwendung zu Werksteinen festgestellt worden.

Kapitel 90.

914. Anleitung zur Bestimmung und Bewertung der Strukturtypen.

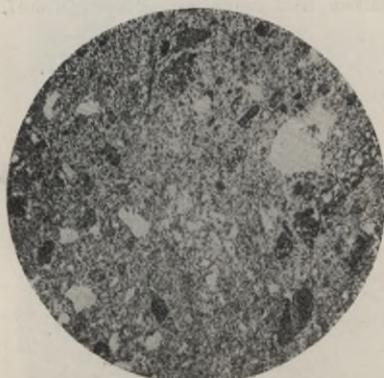


Fig. 459.



Fig. 460.

Typ. I₁.

Fig. 459. Leucitphonolithtuff von Weibern, Kr. Adenau. Vergr. 39 × ¹⁾.

Fig. 460. Desgl. Detail. Vergr. 98 ×. Die isotrope Grundmasse besteht aus dicht gedrängten, stengligen Kristalliten und zeigt ein ziemlich kompaktes Gefüge. Darin sind in mikroskopischen Kristallfragmenten eingesprengt: sehr reichlich Leucit, untergeordnet Augit und Sanidin. In kleineren Brocken treten auf: ziemlich reichlich Bimsstein, spärlich Trachyt.

Typ. I₁ Tl $\frac{k (l_5 a_2 s_2)}{b (bi_3 t_1)}$. — Qualitätsklasse: I.

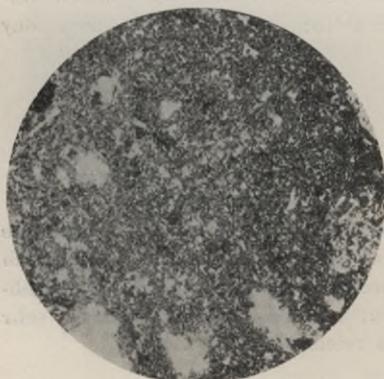


Fig. 461.

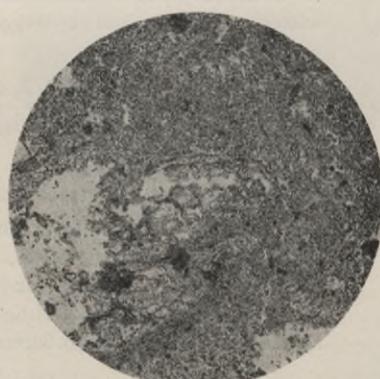


Fig. 462.

Typ. II₁₋₂.

¹⁾ Zu einer vollkommenen mikroskopischen Auflösung der Strukturverhältnisse ist, wie bereits bemerkt, eine etwa 600fache Vergrößerung erforderlich.

Fig. 461. Leucitphonolithtuff von Rieden, Kr. Mayen. Vergr. 42 ×.

Fig. 462. Desgl. Detail. Vergr. 94 ×. Die isotrope Grundmasse besteht aus dicht gedrängten, stengligen Kristalliten und zeigt ein wenig kompaktes Gefüge. Darin sind in mikroskopischen Kristallfragmenten eingesprengt: ziemlich reichlich Leucit, reichlich Sanidin und Augit, ziemlich reichlich authigener Kalkspat. In größeren Brocken tritt reichlich Bimsstein auf.

$$\text{Typ. II}_{1-2} \text{ Tl } \frac{k (l_3 s_4 a_4 A_3)}{b (bi_4)}. \quad \text{— Qualitätsklasse: I—II.}$$



Fig. 463.

Typ. I₃.

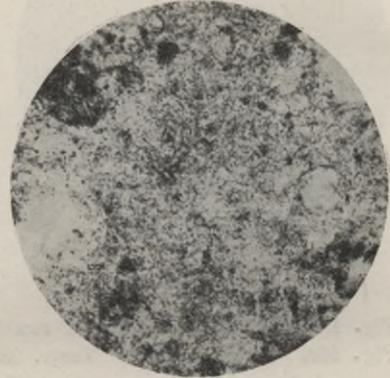


Fig. 464.

Fig. 463. Leucitphonolithtuff von Ettringen, Kr. Mayen. Vergr. 46 ×.

Fig. 464. Desgl. Detail. Vergr. 96 ×. Die isotrope Grundmasse besteht aus stengligen Kristalliten in sehr lockerem Gefüge. Darin sind eingesprengt in mikroskopischen Kristallfragmenten: sehr reichlich vollkommen verwitterter Leucit und untergeordnet Sanidin; in größeren Brocken sehr reichlich Bimsstein.

$$\text{Typ. I}_3 \text{ Tl } \frac{k (l V_3 s_2)}{b (bi_5)}. \quad \text{— Qualitätsklasse: II—III.}$$

Fig. 465. Trachyttuff aus dem Brohltal. Vergr. 38 ×.

Fig. 466. Desgl. Detail. Vergr. 98 ×. Die isotrope Grundmasse besteht aus unvollkommen abgegrenzten, rundlich-körnigen Kristalliten in ziemlich lockerem Gefüge. Darin sind eingesprengt in mikroskopischen Kristallfragmenten: ziemlich reichlich Sanidin, untergeordnet Hornblende, sehr spärlich Glimmer; in größeren Brocken reichlich Trachyt.

$$\text{Typ. V}_2 \text{ Tr } \frac{k (s_3 h_2 gl_1)}{b (t_4)}. \quad \text{— Qualitätsklasse: II : II—III.}$$

Verwendung: Willibrordskirche zu Wesel. Alter 370 J., z. T. älter.
Erhaltungszustand: meist stark verwittert.

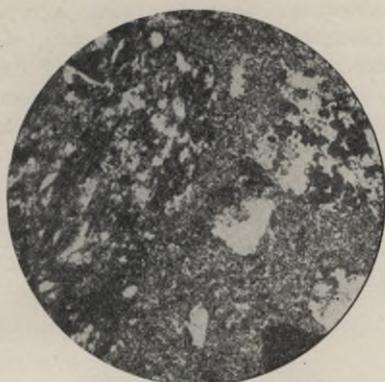


Fig. 465.

Typ. V₃.



Fig. 466.

Fig. 467. Trachyttuff aus dem Brohltal. Vergr. 42 ×. Die isotrope Grundmasse besteht aus rundlich-körnigen Kristalliten in sehr lockerem Gefüge. Darin sind eingesprengt: in mikroskopischen Kristallfragmenten ziemlich reichlich Feldspat, Hornblende, Augit, Glimmer und Quarz; in größeren Brocken ziemlich reichlich Bimsstein und reichlich Tonschiefer.

$$\text{Typ. III}_3 \text{ Tr } \frac{k (f_3 h_3 a_3 g_3 q_3)}{b (bi_3 ts_4)}. \text{ — Qualitätsklasse: II—III.}$$

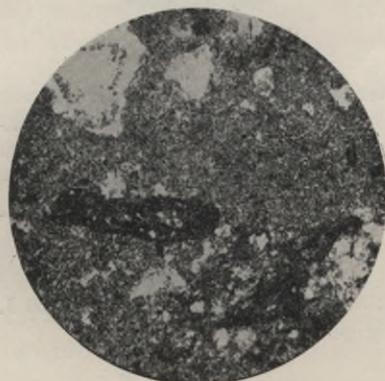


Fig. 467. Typ. III₃.



Fig. 468. Typ. III₃.

Fig. 468. Trachyttuff. Fundort unbekannt. Vergr. 92 ×. Die isotrope Grundmasse besteht aus rundlich-körnigen Kristalliten in sehr lockerem Gefüge. Darin sind eingesprengt: in mikroskopischen Kristallfragmenten ziemlich reichlich Hornblende und Augit, reichlich Quarz; in größeren Brocken ziemlich reichlich Bimsstein, reichlich Tonschiefer und Grauwacke.

$$\text{Typ. III}_3 \text{ Tr } \frac{k (h_3 a_3 q_4)}{b (bi_3 ts_4 g_4)}. \text{ — Qualitätsklasse: II—III.}$$

Fig. 469. Palagonittuff von Wolsdorf bei Siegburg. Verg. $25 \times$. Die isotrope Grundmasse ist völlig homogen und glasartig ausgebildet (Palagonit); sie tritt als Ausfüllung der Zwischenräume wie auch als Übrindung der körnigen Bestandteile auf. In mikroskopischen Kristallfragmenten kommen vor: sehr reichlich Plagioklas und Augit; in gröberem Brocken sehr reichlich Basalt.

Typ. VI₁ Tpl $\frac{k (f_5 a_5)}{b (ba_5)}$. — Qualitätsklasse: IC—I.

Verwendung: Pfarrkirche zu Much, Reg.-Bez. Köln. Alter ca. 750 J.
Erhaltungszustand: verhältnismäßig geringe Verwitterung.

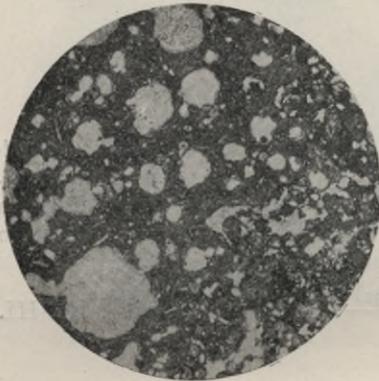


Fig. 469. Typ. VI₁.

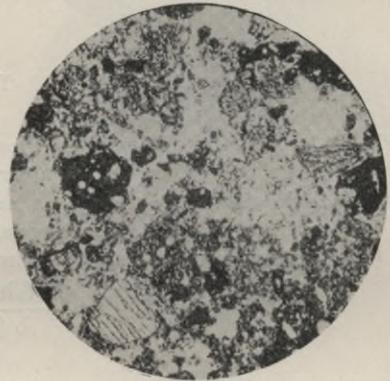


Fig. 470. Typ. VI₁.

Fig. 470. Basalttuff von Homberg, Reg.-Bez. Cassel. Vergr. $36 \times$. Die sehr spärliche isotrope Grundmasse erscheint vollkommen homogen und umschließt sehr reichlich Plagioklas und untergeordnet Augit in mikroskopischen Kristallfragmenten, neben zerkleinertem Basaltmaterial. Überdies ist das Gestein sehr reichlich von größeren Basaltbrocken erfüllt.

Typ. VI₁ Tb $\frac{k (f_5 a_2)}{b (ba_5)}$. — Qualitätsklasse: I.

Verwendung: Turm der Stadtkirche zu Homberg. Alter ca. 500 J.
Erhaltungszustand: verhältnismäßig geringe Verwitterung.

915. Anmerkung. Die systematische Prüfung der vulkanischen Tuffe erfolgt im allgemeinen nach der für die übrigen Gesteine gegebenen Anleitung. (Als Beispiel s. Kap. 76, S. 716). Zur Bestimmung des Wetterbeständigkeitsgrades sind die im Vorstehenden dargelegten Gesichtspunkte maßgebend.

Tabellarische Zusammenstellung systematischer Untersuchungen natürlicher Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit.

Vorbemerkung zu Teil XVIII—XXI.

916. Zur Einführung in die bautechnische Gesteinsprüfung ist vor allem das Studium der sedimentären Gesteine, wegen der Mannigfaltigkeit der bei denselben in Betracht kommenden Verhältnisse, geeignet.

Aus diesem Grunde, und weil für jene Gesteinsklassen die Wetterbeständigkeitsprüfung von besonderer praktischer Bedeutung ist, sind im Folgenden die Resultate einer größeren Anzahl ausgeführter Untersuchungen an Sandsteinen, Grauwacken, Kalksteinen und Dachschiefen zusammengestellt worden.

Es dürfte diese Übersicht zugleich einen für die Kreise der Bautechniker und Steinbruchingenieure erwünschten Beitrag zur Kenntnis unserer deutschen Gesteinsvorkommen liefern.

917. Die nachstehenden Tabellen haben folgende Einteilung:

Es enthält:

Kol. 2 unter F den Fundort des untersuchten Gesteins, unter B das Bauwerk, zu welchem das Gestein verwendet und nach welchem der Wetterbeständigkeitsgrad desselben bestimmt worden ist, und unter A das Alter des betreffenden Bauwerks zur Zeit der Untersuchung im Jahre 1893. Dabei bedeutet das Zeichen *), daß die sämtlichen Angaben in Kol. 6 bis 18 sich auf das mit dem Baugestein identische frische Bruchmaterial beziehen, †) desgl. auf das von den Stellen bester Erhaltung entnommene Baugestein und ††) desgl. auf das Baugestein von den am meisten verwitterten Stellen, wobei jedoch die Proben für die Untersuchung aus solcher Tiefe des betreffenden Werkstücks entnommen worden sind, in welcher eine beträchtliche Einwirkung der Oberflächenverwitterung nicht mehr bemerkbar war.

Kol. 3 die allgemeine mineralogische Charakteristik des Gesteins, mit besonderer Berücksichtigung der für die Wetterbeständigkeit in Betracht kommenden Eigenschaften.

Kol. 4 die Art und den Grad der Verwitterung, welche das Gestein nach Beobachtung an dem in Kol. 2 unter B aufgeführten Bauwerk erlitten hat.

Kol. 5 die Wetterbeständigkeitsklasse, zu welcher das Gestein nach dem in Kol. 4 bezeichneten Verhalten und gemäß der Klassifikationstabelle S. 339 zu rechnen ist.

Die Kol. 6 bis 18 gliedern sich im allgemeinen in 4 Horizontalreihen:

- Reihe 1 enthält die quantitative chemische Zusammensetzung des Gesteins;
- „ 2 und 3 Strukturtypus, Kornbindungsfestigkeit, Wasseraufnahme, Frostbeständigkeit usw.
- „ 3 am Schluß die Bestimmung der Wetterbeständigkeitsklasse des Gesteins nach Maßgabe der Untersuchungsergebnisse und der Bewertungsschemata.

Die Zusammenstellung ist nach der geologischen Formation des Gesteinsvorkommens und innerhalb derselben nach Qualitätsklassen des Materials geordnet.

918. Bei Beurteilung der Prüfungsergebnisse ist zu berücksichtigen, daß dieselben sich lediglich auf das zur Untersuchung verwandte Material, nicht aber auf das örtliche Gesamtvorkommen des betreffenden Gesteins beziehen. Wie bereits an anderer Stelle hervorgehoben wurde, können die einzelnen Schichten eines Steinbruches um mehrere Qualitätsklassen verschiedene Materialien enthalten, und es bedarf deshalb zur angemessenen Charakterisierung eines solchen Bruches der eingehenden Untersuchung aller seiner abbauwürdigen Schichten. Diese Ungleichheit des Materials kommt fast in jedem aus natürlichem Gestein errichteten Bauwerk zur Erscheinung, und selbst bei Verwendung erstklassigen Materials finden sich nicht selten einzelne Werkstücke, die in verhältnismäßig kurzer Zeit beträchtliche Spuren der Verwitterung aufweisen.

XVIII. Teil.
Sandstein - Untersuchungen.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|---------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Nummer des Gesteins | F. Fundort d. Gesteins | Petrographische Beschaffenheit des Gesteins Q: Quarzkörnchen, k_{x1-6} : Grad der plerom. Ausbildung (s. Abs. 540 S. 436). | Verwitterungserscheinung des Gesteins an dem Kol. 2 unter B genannten Bauwerk | Beständigkeitsklasse des Gesteins nach Beobachtung an dem Col. 2 B genannten Bauwerk | 1) Chem. Zusammensetzung: a) Gesamtanalyse, b) % Zus. d. Bindem. | Körniger Quarz inkl. Quarz des Bindemittels | Si O ₂ der d. Säuren zersetzten Silikate d. Bindemittels |
| | 2) Struktur, Färbungstyp., Bindungsfestigkeit | | | | Typus der Kornbindung | Schichtungstypus Sm | |
| | 3) Wasseraufnahme, Wassererweichung, Frostbeständigkeit | | | | W ₁ Bei schnellem Ein-tauchen in % des Gesteins | W ₂ Bei langsamem Ein-tauchen | |

Nr. 1 bis 68: Gesteine der

| | | | | | | |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1 | F. Mürlenbach (Rheinprovinz) B. Burgruine zu Mürlenbach †) A. ca. 1000 J. | Dunkelbraunrot; grobkörnig und grobporig; Qk _{x2} . Porenzement: stark silifiziert mit reichlichem Eisenoxyd. Gestein ziemlich fest. Anm.: Das eingesandte frische Bruchgestein ist nicht vollkommen identisch mit dem Baumaterial. | Unregelmäßige, nicht sehr starke Verwitterungsrinde; im Innern ziemlich beträchtliche Festigkeitsverminderung. | I | 1 a) 92,34 1 b) — 2) K 3) W ₁ =4,89 W ₂ =5,66 | 2,56 33,29 — |
| 2 | F. Pfalzeler Wald bei Trier B. Römisches Amphitheater zu Trier †) A. ca. 1850 J. | Gelblichgrau; feinkörnig; Qk _{x3} ; teils farblos, teils rötlich gefärbt. Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Gestein unendlich geschichtet u. von mittlerer Festigkeit. | Glatte, unbedeutende Verwitterungsrinde; im Innern beträchtl. Festigkeitsverminderung. | IA | 1 a) 91,02 1 b) — 2) K 3) W ₁ =6,95 W ₂ =7,18 | 3,19 35,80 Sm I bis (II) ₀ W ₂ =7,18 |
| 3 | F. Wasserliesch *) (Rheinprovinz) B. Dom zu Trier A. 800 J. | Hellgelb mit rostgelben Schichtstreifen; feinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Gestein unendlich geschichtet und von bedeutender Festigkeit. Enthält zieml. reichl. sehr kleine braunschwarze Körnchen. | Stellenweise beträchtliche Spuren von Verwitterung. Anm.: Die Steinbrüche von Wasserliesch u. Umgegend liefern Material von verschiedener Wetterfestigkeit. | IC z. T. I | 1 a) 87,42 1 b) — 2) K 3) W ₁ =8,28 W ₂ =8,67 | 2,30 17,90 Sm II Bi 1—2 W ₂ =8,67 |
| 4 | F. Döhren b. Weferlingen (Prov. Sachsen) B. Kirche zu Döhren †) A. ca. 1600 J. | Weiß; ziemlich feinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Gestein ziemlich deutlich geschichtet, von sehr beträchtlicher Festigkeit. Enthält spärlich Eisenkies. | Teils unbedeutende glatte, teils ziemlich starke, rostbraune Verwitterungsrinde. Gestein im Innern von Roststreifen durchzogen, aber noch ziemlich fest. | IA bis IB | 1) — 2) K 3) W ₁ =4,91 W ₂ =4,95 | — — W ₂ =4,95 |

Zeichen-Erklärung zu Kol. 2: Die Untersuchungsergebnisse in Rubr. 6 bis 15 beziehen sich des genannten Gebäudes; † auf das Baumaterial von den am besten erhaltenen Stellen des genannten Gebäudes; †† auf das Baumaterial von den

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|
| Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O Na ₂ O | CO ₂ | SO ₃ | S | Bindemittelgehalt in Gew.-% | Auszug mit kochendem Wasser in % des Bindemittels |
| Kornbindungszahl Bz | Kornbindungsmaß Bm | Diskontinuität d. Kontakflächen 1-4 d ₁₋₃ | Texturporen P ₀₋₆ | Strukturporen π ₀₋₆ | Pleromorphe Ausbildg. d. Quarzkörner k _{x1-5} | Nebenbestandteile | Grad der makro- (sg) und mikroskopischen (sm) Schichtung 1-4 | Färbungstypus φ | Kornbindungsfestigkeit ζ _r c. = Näherungswert |
| W ₀ Bei 150 Atm. Druck gewichtetes | P Porositätskoeffizient in Vol.-% | S ₁₋₃ Sättigungskoeffizient | η ₁₋₃ Erweichungskoeffizient | V Verteilungskoeffizient | F ₁₋₃ Frostbestkoeffizient | Wetterbeständigkeitsklasse des Gesteins nach Maßgabe der Bewertungs-Schemata S. 452 bis 465. | | | |

Buntsandsteininformation

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|
| 2,23 29,00 Bz=3-5 W ₀ =9,23 | 1,34 17,43 Bm = 0,4-0,75 P = 20,16 | 0,16 2,08 2 d ₁ S ₁ =0,61 | 8,68 8,84 π ₀ : 3 η ₁ =0,8 | — — — — | — — k _{x2} 1,0 | 4 o | sg ₁ m ₀ | φ XVII c | 7,69 — — ζ _r w ₁ = c.36 | — — — Q |
| K 1/2 P ₃ ζ _r w ₁ Q 0,9 - 0,15 + 0,15 = 0,9 (I) | | | | | | | | | | |
| 2,85 31,99 Bz=3-4 W ₀ =11,40 | 0,69 7,74 Bm = 0,50-0,75 P = 23,09 | 0,29 3,26 — S ₁ =0,63 | 1,15 12,91 π ₀ : 2 η ₁ =0,83 | — — — — | — — k _{x3} 1,0 | 1 f ₁ | sg ₁ m ₂ | φ XXIII d | 8,91 — — ζ _r w ₁ = c.91 | — — — Q |
| K 1/2 P ₂ ζ _r w ₁ Q 0,78 - 0,15 - 0,15 = 0,48 (IB) | | | | | | | | | | |
| 2,40 18,68 Bz=3-4 W ₀ =12,33 | 1,01 7,86 Bm = 0,54-0,66 P = 24,63 | 1,92 14,94 2 d ₁ S ₁ =0,70 | 0,65 5,06 p ₄ η ₁ =0,86 | 1,50 11,67 π ₀ : 4 — | 2,43 18,91 k _{x3} 1,0 | — | sg ₁ m ₃ | φ XVII d | 12,85 — — ζ _r w ₁ = 59 | Spuren — — Q |
| K p ₄ ζ _r w ₁ Q 0,8 - 0,2 + 0,1 = 0,7 (IC) | | | | | | | | | | |
| — — Bz=4-6 W ₀ =9,04 | — — Bm = 0,56-1,00 P = 19,27 | — — — S ₁ =0,55 | — — p ₀ [P] η ₁ =0,92 | — — π ₀ : 3 V = 1,3 | — — k _{x3} — | — | sg ₂ m ₂ | φ XIX/XXV c | 4,0 — — ζ _r w ₁ = c.97 | — — — Q |
| K ζ _r w ₁ Q 0,25 + 0,12 = 0,37 (IA-IB) | | | | | | | | | | |

*) auf frisches Bruchmaterial; † auf das Baumaterial von den am besten erhaltenen Stellen am meisten verwitterten Stellen des genannten Gebäudes.

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 5 | F. Marlewig (Kr. Marburg) B. Dom zu Wetzlar A. 1000 J., z. T. 400 J. | Matt ziegelrot; feinkörnig; Qk _{x3} ; unregelmäßig grobporig. Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Gestein fest, enthält spärliche Feldspatkörnchen und auf den Schichtflächen mehr oder weniger große Tonblättchen, z.T. Tongallen. | Die auf den Spalt gestellten Gesteinsstücke sind mehr oder weniger stark schichtig ausgegagt, je nachdem sie auf den Schichtflächen größere oder kleinere Einlagerungen von Tonblättchen enthalten. Das Gestein ist im Innern noch ziemlich fest. | IB bis IC z. T. I-II | 1) 2) 3) | — K W ₁ =4,35 | — Sm I W ₂ =4,36 |
| 6 | F. Maintal *) B. Römer zu Frankfurt a. M. A. ca. 490 J. | Lebhafte kirschrot und weiß gebändert; feinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: schwach silifiziert. Gestein dünn-schichtig und von mittlerer Festigkeit. | Im allgemeinen unbedeutende, nur an einzelnen Stellen etwas stärkere Verwitterungsrinde: Festigkeitsverminderung im Innern gering. | I | 1) 2) 3) | — K W ₁ =3,32 | — — W ₂ =3,32 |
| 7 | F. Sandershausen (Prov. Hessen-Nassau) B. Kirchenchor d. St. Martinsk. zu Kassel †) A. 500 J. | Matt kirschrot, schwach gebändert; ziemlich feinkörnig und z. T. sehr porös; Qk _{x3-4} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Gestein deutlich geschichtet und von beträchtl. Festigkeit, enthält ziemlich reichlich zersetzten Feldspat und auf den Schichtflächen reichlichen Glimmer. | Die Oberfläche ziemlich stark abgewittert. Im Innern zieml. beträchtliche Festigkeitsverminderung. | I-II | 1a) 1b) 2) 3) | 85,59 — K 0,1(Kd ₃) W ₁ =3,76 | 5,38 36,68 Sm I W ₂ =4,00 |
| 8 | F. Am Solling bei Hötter *) | {Dunkelgraurot; feinkörnig und vollkommen geschichtet. Porenzement tonig mit reichl. Eisenoxyd und ziemlich beträchtlichem Gehalt an Eisenkies. Auf d. Schichtflächen Glimmer u. Knötchen von lockerem Gefüge. Sehr vollkommen spaltend und von beträchtlicher Festigkeit. | Anm.: Das eingesandte frische Bruchgestein ist mit dem Baumaterial nicht vollkommen identisch. Das Porenzement ist etwas weicher, die Festigkeit geringer und der Gehalt an FeS ₂ niedriger als in dem Baumaterial. | — | 1a) 1b) 2) 3) | 90,70 — K 0,1(Kd ₃) W ₁ =3,88 | 2,84 28,63 Sm I-IIz ₁₋₃ W ₂ =4,25 |
| 9 | F. Am Solling (Hannover) B. Kirchturm zu Corvey bei Hötter †) A. 1000 J. | Dunkelgraurot, feinkörnig und vollkommen geschichtet. Porenzement tonig mit reichl. Eisenoxyd und beträchtlichem Gehalt an Eisenkies. Auf den Schichtflächen Glimmer und Knötchen von lockerem Gefüge. Sehr vollkommen spaltend, aber von bedeutender Festigkeit. | Die unebene Verwitterungsrinde zeigt sehr reichl. ca. 5 mm große Löcher (Wirkung des Eisenkieses); Festigkeitsverminderung im Innern nur gering. | IC | 1a) 1b) 2) 3) | 92,02 — K 0,1(Kd ₃) W ₁ =4,48 | 2,38 28,33 Sm I-IIz ₁₋₃ W ₂ =4,91 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf Seite 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------|---|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--|--|--|--|-----------------|--|--|--|--|--|
| Bz=3-4 W _c =6,94 | Bm = 0,63-0,58 P = 15,32 | 2 d ₂ S ₁ =0,63 | p ₂ γ ₁ =0,78 | π _{1x-2} V=1,2 | k _{x3} F ₁ =0,8 | 2 f ₁ ; s ₂₋₃ [t sg ₂₋₃ m ₁ | — | 7,57 φ XXIII d | — ζ _r w ₁ =c. 72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>p₂</td> <td>ζ_rw₁</td> <td>Q</td> </tr> <tr> <td colspan="4">0,9 - 0,52 + 0,2 = 0,58 (I C)</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | K | p ₂ | ζ _r w ₁ | Q | 0,9 - 0,52 + 0,2 = 0,58 (I C) | | | | | | | | | | | | | |
| K | p ₂ | ζ _r w ₁ | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,9 - 0,52 + 0,2 = 0,58 (I C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bz=3-4 W _c =5,35 | Bm = 0,52-0,70 P = 12,36 | 2 d ₂ S ₁ =0,62 | p ₃ γ ₁ =0,75 | π _{2x-4} V=1,5 | k _{x3} F ₁ =0,85 | — | — | 9,45 φ XIII d | — ζ _r w ₁ =52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>p₃</td> <td>ζ_rw₁</td> <td>V</td> <td>Q</td> </tr> <tr> <td colspan="5">0,7 - 0,21 + 0,38 + 0,25 = 1,12 (I-II)</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | K | p ₃ | ζ _r w ₁ | V | Q | 0,7 - 0,21 + 0,38 + 0,25 = 1,12 (I-II) | | | | | | | | | | | | |
| K | p ₃ | ζ _r w ₁ | V | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,7 - 0,21 + 0,38 + 0,25 = 1,12 (I-II) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bz=3-5 W _c =5,18 | 4,58 31,22 Bm = 0,40-0,71 P = 12,17 | 1,82 12,41 4 d ₂₋₃ S ₁ =0,77 | 0,20 1,36 p ₃ γ ₁ =0,78 | 0,10 0,68 π ₃ | 1,18 8,04 k _{x4} F ₁ =0,87 | — | 0,04 9,34 3 f ₃ ; s ₄ [gl sg ₁ m ₃ | 14,67 — φ XII d | 1,36 — ζ _r w ₁ =41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>p₃</td> <td>Kd₃</td> <td>p₃</td> <td>ζ_rw₁</td> <td>Sη</td> <td>Q</td> </tr> <tr> <td colspan="7">0,9(0,9 - 0,33) + 0,1(2,5 - 0,38) + 0,25 + 0,8 = 1,7 (I-II)</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | K | p ₃ | Kd ₃ | p ₃ | ζ _r w ₁ | Sη | Q | 0,9(0,9 - 0,33) + 0,1(2,5 - 0,38) + 0,25 + 0,8 = 1,7 (I-II) | | | | | | | | | | |
| K | p ₃ | Kd ₃ | p ₃ | ζ _r w ₁ | Sη | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,9(0,9 - 0,33) + 0,1(2,5 - 0,38) + 0,25 + 0,8 = 1,7 (I-II) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bz=4-6 W _c =6,51 | 3,15 31,75 Bm = 0,63-0,86 P = 14,81 | 1,46 — 2 d ₁ S ₁ =0,65 | — — p ₂ | 0,21 2,12 | 1,51 15,22 k _{x1} F ₁ =0,87 | — | Spur 0,31 4 k _{s;0} ; s ₃₋₄ [gl sg ₃ m ₄ | Spur 0,53 φ XXI b | 9,92 — ζ _r w ₁ =62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>p₂</td> <td>Kd₂</td> <td>p₂</td> <td>ζ_rw₁</td> <td>ks</td> </tr> <tr> <td colspan="6">[0,9(0,7 - 0,28) + 0,1(1,75 - 0,43) + 0,2] 1,02</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">Q = 0,724 (I C)</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | K | p ₂ | Kd ₂ | p ₂ | ζ _r w ₁ | ks | [0,9(0,7 - 0,28) + 0,1(1,75 - 0,43) + 0,2] 1,02 | | | | | | Q = 0,724 (I C) | | | | | |
| K | p ₂ | Kd ₂ | p ₂ | ζ _r w ₁ | ks | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [0,9(0,7 - 0,28) + 0,1(1,75 - 0,43) + 0,2] 1,02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q = 0,724 (I C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bz=2-6 W _c =9,99 | 2,70 32,14 Bm = 0,42-1,0 P = 20,96 | 1,67 — 1 d ₂ S ₁ =0,49 | — — [p] p ₃ γ ₁ =0,5 | 0,07 0,83 π _{0;1x-3} V=1,3 | 0,78 9,29 k _{x2} F ₁ =0,86 | — | Spur 0,9 1 f ₁ ; s ₃₋₄ [gl sg ₁ m ₄ | Spur 1,15 φ XIV a/b | 8,40 — ζ _r w ₁ =75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>p₃</td> <td>Kd₃</td> <td>p₃</td> <td>ζ_rw₁</td> <td>ks</td> <td>Q</td> </tr> <tr> <td colspan="7">[0,9(0,75 - 0,27) + 0,1(2,3 - 0,44) + 0,07] 1,03 = 0,71 (I C)</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | K | p ₃ | Kd ₃ | p ₃ | ζ _r w ₁ | ks | Q | [0,9(0,75 - 0,27) + 0,1(2,3 - 0,44) + 0,07] 1,03 = 0,71 (I C) | | | | | | | | | | |
| K | p ₃ | Kd ₃ | p ₃ | ζ _r w ₁ | ks | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [0,9(0,75 - 0,27) + 0,1(2,3 - 0,44) + 0,07] 1,03 = 0,71 (I C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----|
| 10 | F. Langendorf *) (Hessen-Nassau) B. Kloster zu Schlüchtern A. ca. 650 J. | Hellgraurot; fein- bis feinkörnig: Qk _{x3-4} ; Porenzement: stark silifiziert. Das deutlich geschichtete Gestein enthält reichlich zersetzten Feldspat. | Stark ausgenagte Verwitterungsrinde. Im Innern ist das Gestein teils fest, teils mürbe. | I-II z. T. II | 1a) 94,09 1b) — 2) K 3) W ₁ =3,32 | 2,21 36,83 Sm II _{z3} Bi 1-3 W ₂ =3,58 | |
| 11 | F. Döhren bei Weferlingen (Prov. Sachsen) B. Kirche †† A. 1600 J. | Weiß; feinkörnig; Qk _{x3-4} ; Gestein enthält spärlich Eisenkies. | Ziemlich starke, rostbraune Verwitterungsrinde. Das Gestein zeigt hellgelbliche Roststreifen u. ziemi. beträchtliche Festigkeitsverminderung. | IC bis I | 1) — 2) K 3) W ₁ =5,00 | — — W ₂ =5,02 | |
| 12 | F. Kirchhain *) (Hessen-Nassau) B. Kirche zu Kirchhain A. 600 J. | Kirschrot mit bräunlich-roten Schichtstreifen, grobkörnig; Qk _{x3} ; Gestein ziemlich fest. | Die Außenflächen z. T. stark abgewittert. Im Innern zeigt das Gestein aber nur geringe Festigkeitsverminderung. | I bis I-II | 1) — 2) K 3) W ₁ =5,49 | — Sm I W ₂ =5,50 | |
| 13 | F. Am hohen Berge bei Geismar (Hessen-Nass.) *) B. Kath. Kirche zu Fritzlar A. ca. 700 J. | Grau; feinkörnig und grobporig. Qk _{x3} ; Gestein ziemlich fest. | Die Außenflächen sind stark abgewittert. Im Innern zeigt das Gestein aber nur geringe Festigkeitsverminderung. | I-II | 1) — 2) K 3) W ₁ =5,79 | — — W ₂ =5,80 | |
| 14 | F. Am Solling *) (Hannover) B. Luth. Kirche zu Oberkirchen A. ca. 500 J. | Graurot; sehr feinkörnig; Qk _{x3} ; sehr dünn-schichtig, mit zusammenhängenden Glimmerlagen auf den Schichtflächen. Sehr festes Gestein. | Nicht sehr bedeutende Oberflächenverwitterung. Gestein etwas abblättern. Im Innern noch ziemlich fest. | I z. T. I-II | 1a) 79,54 1b) — 2) K 3) W ₁ =3,63 | 7,03 33,70 Sm XV W ₂ =4,12 | |
| 15 | F. Ehringen (Hessen-Nassau) B. Schloß Wilhelms-tal † A. 135 J. | Gelblichgrau; feinkörnig mit ziemi. reichlichem Feldspat u. Eisenkies. Qk _{x3} ; Gestein von mittlerer Festigkeit. Anm.: Das gegenwärtige Bruchgestein ist nicht vollkommen identisch mit dem Baumaterial. | Mehr oder weniger starke, glatte Verwitterungsrinde. Das Gestein zeigt ockerige Schichtstreifen und ist auch im Innern ziemlich mürbe. | II-III z. T. III | 1) — 2) K 3) W ₁ =6,71 | — — W ₂ =6,76 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf Seite 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|---------------|------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-----------------|--|--|--|-------------------------|--|--|--|--|
| 1,71 28,50 Bz=2-4 W _c =6,35 | 0,73 12,17 Bm = 0,35-0,80 P = 14,36 | 0,10 1,67 3 d ₃ S ₁ =0,56 | 0,74 12,33 P ₃ r _h =0,78 r _h =0,66 | — — π _{1x-2} V=1,3 | — — k _{x3} | — — 4f ₂ | — — sg ₁ m ₂ | 6,00 — φ XX d | — — ζ _r w ₁ = 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>P₃</td> <td>Kd</td> <td>P₃</td> <td>ζ_rw₁</td> </tr> <tr> <td>0,7</td> <td>(1 - 0,33)</td> <td>+ 0,3</td> <td>(1,45 - 0,35)</td> <td>+ 0,25</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">4f₂ Q</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">+ 0,2 = 1,25 (I-(I-II))</td> </tr> </table> | | | | K | P ₃ | Kd | P ₃ | ζ _r w ₁ | 0,7 | (1 - 0,33) | + 0,3 | (1,45 - 0,35) | + 0,25 | 4f ₂ Q | | | | | + 0,2 = 1,25 (I-(I-II)) | | | | |
| K | P ₃ | Kd | P ₃ | ζ _r w ₁ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,7 | (1 - 0,33) | + 0,3 | (1,45 - 0,35) | + 0,25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4f ₂ Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| + 0,2 = 1,25 (I-(I-II)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — Bz=5-6 W _c =9,12 | — Bm = 0,63-0,74 P = 19,38 | — — S ₁ =0,55 | — — r _h =0,79 | — — π _{1x} | — — k _{x4} | — — 1 f ₁ ; 2 ks | 0,27 sg ₄ m ₁ | 3,54 φ XXIV d | — — ζ _r w ₁ = 62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>P_{0;3}</td> <td>ζ_rw₁</td> <td>Q</td> </tr> <tr> <td>0,75</td> <td>- 0,13</td> <td>+ 0,2</td> <td>= 0,82 (IC-I)</td> </tr> </table> | | | | K | P _{0;3} | ζ _r w ₁ | Q | 0,75 | - 0,13 | + 0,2 | = 0,82 (IC-I) | | | | | | | | | | | | |
| K | P _{0;3} | ζ _r w ₁ | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,75 | - 0,13 | + 0,2 | = 0,82 (IC-I) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — Bz=2-4 W _c =9,69 | — Bm = 0,40-0,63 P = 20,38 | — — S ₁ =0,57 | — — r _h =0,68 | — — π ₂ | — — k _{x4} | — — — | — — sg ₂ m ₁ | 8,81 φ XX d | — — ζ _r w ₁ = 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>P_{0;3}</td> <td>ζ_rw₁</td> <td>V</td> <td>Q</td> </tr> <tr> <td>0,9</td> <td>- 0,16</td> <td>+ 0,22</td> <td>+ 0,4</td> <td>= 1,36 (I-(I-II))</td> </tr> </table> | | | | K | P _{0;3} | ζ _r w ₁ | V | Q | 0,9 | - 0,16 | + 0,22 | + 0,4 | = 1,36 (I-(I-II)) | | | | | | | | | | |
| K | P _{0;3} | ζ _r w ₁ | V | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,9 | - 0,16 | + 0,22 | + 0,4 | = 1,36 (I-(I-II)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — Bz=3-5 W _c =10,06 | — Bm = 0,38-0,85 P = 20,71 | — — S ₁ =0,58 | — — r _h =0,9 | — — π _{0;5} | — — k _{x3} | — — — | — — sg ₁ m ₀ | 10,13 — | — — ζ _r w ₁ = 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>ζ_rw₁</td> <td>Q</td> </tr> <tr> <td>1,2</td> <td>+ 0,25</td> <td>= 1,45 (I-II)</td> </tr> </table> | | | | K | ζ _r w ₁ | Q | 1,2 | + 0,25 | = 1,45 (I-II) | | | | | | | | | | | | | | |
| K | ζ _r w ₁ | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,2 | + 0,25 | = 1,45 (I-II) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,66 31,93 Bz=3-4 W _c =5,58 | 2,33 11,17 Bm = 0,3-0,8 P = 12,99 | 0,17 0,81 — S ₁ =0,74 | 0,16 0,67 — r _h =0,84 | 3,01 14,03 — F ₁ =0,83 | — — — k _{x3} | Spur 0,3 s ₃ [gl] | Spur 0,29 sg ₄ m ₄ | 20,86 — φ VIII d | 0,192 — ζ _r w ₁ = 68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>P₃</td> <td>Kd₃</td> <td>P₃</td> <td>ζ_rw₁</td> </tr> <tr> <td>0,9</td> <td>(1 - 0,33)</td> <td>+ 0,1</td> <td>(2,5 - 0,36)</td> <td>- 0,1</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">S_η</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">+ 0,6 = 1,32 (I-(I-II))</td> </tr> </table> | | | | K | P ₃ | Kd ₃ | P ₃ | ζ _r w ₁ | 0,9 | (1 - 0,33) | + 0,1 | (2,5 - 0,36) | - 0,1 | S _η | | | | | + 0,6 = 1,32 (I-(I-II)) | | | | |
| K | P ₃ | Kd ₃ | P ₃ | ζ _r w ₁ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,9 | (1 - 0,33) | + 0,1 | (2,5 - 0,36) | - 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S _η | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| + 0,6 = 1,32 (I-(I-II)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — Bz=3-4 W _c =10,84 | — Bm = 0,36-0,63 P = 22,33 | — — S ₁ =0,62 | — — r _h =0,65 | — — π ₄₋₅ | — — k _{x3} | — — 3f ₁ ; ks | 0,28 sg ₂ m ₂ | 11,02 φ XXI d | — — ζ _r w ₁ = 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>Kd₅</td> <td>ζ_rw₁</td> <td>V_η</td> <td>ks</td> <td>Q</td> </tr> <tr> <td>[0,5 · 1</td> <td>+ 0,5 · 2,5</td> <td>+ 0,25</td> <td>+ 0,3]</td> <td>1,03</td> <td>= 2,37 (II-III)</td> </tr> </table> | | | | K | Kd ₅ | ζ _r w ₁ | V _η | ks | Q | [0,5 · 1 | + 0,5 · 2,5 | + 0,25 | + 0,3] | 1,03 | = 2,37 (II-III) | | | | | | | | |
| K | Kd ₅ | ζ _r w ₁ | V _η | ks | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [0,5 · 1 | + 0,5 · 2,5 | + 0,25 | + 0,3] | 1,03 | = 2,37 (II-III) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|
| 16 | F. Rimbach bei Heiligenstadt *) B. Burgruine Hanstein b. Arenshausen A. 580 J. | Dunkelbräunlichrot; feinkörnig; Qk _{x3} ; Porenzement: schwach silifiziert. Enthält spärlich Feldspatkörnchen u. auf den Schichtflächen Glimmerblättchen. Festes Gestein. | Starke, höckerige Verwitterungsrinde; auch im Innern erhebliche Einbuße der ursprünglich. Festigkeit. | I—II bis II | 1a) 88,82 4,18 1b) — 36,16 2) K — 3) $W_1=3,87$ $W_2=4,09$ | $0,2(Kd_2; i)$ | |
| 17 | F. Balhorn *) (Hessen-Nassau) B. Marstallgebäude zu Kassel A. 320 J. | Dunkelkirschrot; kleinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Glattflächig spaltend mit Glimmer u. Tonblättchen auf den Schichtflächen. Festes Gestein mit spärlichem Feldspat und Eisenkies. | Gesimsstücke sehr stark schichtig ausgeagt; im Innern geringe Festigkeitsverminderung. | I—II | 1a) 89,62 3,65 1b) — 34,15 2) K Sm I—II 3) $W_1=5,72$ $W_2=5,73$ | $0,1(Kd_{x2})$ | |
| 18 | F. Gelnhausen (Hessen-Nassau) B. Burgruine des Kaiserpalastes †) A. ca. 700 J. | Hellrot; kleinkörnig, stellenweise grobporig; Qk _{x3-4} . Porenzement: schwach silifiziert mit reichlichem Eisenoxyd. Deutlich geschichtetes festes Gestein. | An den Ecken ziemlich stark abgewittert; im Innern geringe Festigkeitsverminderung. | IC—I | 1a) 91,51 3,14 1b) — 37,88 2) K Sm I—II 3) $W_1=5,47$ $W_2=5,80$ | Bi 1—2 | |
| 19 | F. Meerholz *) (Hessen-Nassau) B. Schloß A. 300 J. | Hellrot; kleinkörnig, stellenweise grobporig; Qk _{x3-4} . Porenzement: ziemlich beträchtlich silifiziert, stellenweise stark eisenoxydhaltig. Deutlich geschichtetes festes Gestein mit sehr spärlichem Feldspat. | Außenflächen stark abgewittert. Gestein im Innern noch ziemlich fest. | I—II bis II | 1) — — 2) K Sm I—II 3) $W_1=6,44$ $W_2=6,68$ | Bi 1—2 $0,25(Kd_3)$ | |
| 20 | F. Polle an der Weser *) B. Burgturm A. ca. 420 J. | Blaßrot, dunkelbraunrot gebändert und gefleckt; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: ziemlich schwach silifiziert. Festes Gestein mit spärlichen Feldspatkörnchen. | Die Farbe teils dunkler rot, teils heller als das frische Bruchmaterial; die Feldspatkörnchen vollkommen zersetzt; beträchtliche Verwitterungsrinde; Festigkeit auch im Innern erhebl. vermindert. | I—II | 1a) 88,66 3,52 1b) — 32,62 2) K Sm XIV 3) $W_1=5,34$ $W_2=5,51$ | (XV) $0,05(Kd_3)$ | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf Seite 779—780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------|
| 3,30 28,55 Bz=1—3 | 1,69 14,62 Bm = 0,18—0,50 | 0,01 0,09 3 d ₂₋₃ | — — P ₃ ; 4 | 1,34 11,60 — | — — k _{x3} | Spur — 2 f ₂ ; s ₃ [gl] | ger. Spur — sg ₂ m ₂ | 11,56 — φ XX d | 0,433 — ζ _r w ₁ = 35 |
| $W_c=6,83$ | $P = 15,30$ | $S_1=0,60$ | $\eta_1=0,78$ | K P ₃ ; 4 Kd ₂₋₄ ζ _r w ₁ Q 0,8 (1,4 - 0,4) + 0,2 (2,7 - 0,34) + 0,16 = 1,43 (I—II) | | | | | |
| 3,16 29,56 Bz=2—5 | 1,32 12,25 Bm = 0,2—0,6 | Spur — 4 d ₂ | 0,34 3,18 P ₀ ; 3 | 1,04 9,73 — | — — k _{x3} | Spur — { 2 f ₁ ; ks s ₃ [gl]; t | 0,21 — sg ₃ m ₃₋₄ | 10,69 — φ XXI d | 0,19 — ζ _r w ₁ = 32 |
| $W_c=9,45$ | $P = 19,97$ | $S_1=0,61$ | $\eta_1 = 0,65$ | $V = 1,4$ | K P ₀ ; 3 Kd _{x2} P ₀ ; 3 ζ _r w ₁ Vη 0,9 (1,4 - 0,2) + 0,1 (2 - 0,15) + 0,2 + 0,3 Q = 1,77 (II); r (I—II) | | | | |
| 2,75 33,17 Bz=3—5 | 0,50 6,03 Bm = 0,41—0,71 | ger. Spur — 4 d ₃ | 0,13 1,57 p ₄ | 1,01 12,18 — | — — k _{x4} | — — 4,0 | — — sg ₁ m ₃ | 8,29 — φ XIX d | 0,12 — ζ _r w ₁ = 52 |
| $W_c=7,86$ | $P = 17,09$ | $S_1=0,74$ | $\eta_1 = 0,82$ | K p ₄ ζ _r w ₁ Sη Q 0,8 - 0,25 + 0,25 + 0,2 = 1 (I) | | | | | |
| — — Bz=3—4 | — — Bm = 0,51—0,57 | — — 3 d ₃ | — — [p] p ₃₋₄ | — — — | — — k _{x4} | — — 1 f ₁ ; 3 o | — — sg ₃ m ₃ | 10,24 — φ XXIV b | — — ζ _r w ₁ = 45 |
| $W_c=9,41$ | $P = 19,89$ | $S_1=0,71$ | $\eta_1=0,87$ | K Kd ₃ p ₃₋₄ Sη Q 0,75 · 1 + 0,25 (2,5 - 0,31) + 0,4 = 1,7 ((I—II)—II) | | | | | |
| 2,93 27,16 Bz=3—6 | 2,32 21,50 Bm = 0,3—0,7 | — — 2 d ₂ | — — [p] P ₃ | — — — | — — k _{x4} | — — 2 f ₁ | — — sg ₃ m ₃ | 10,79 — φ XV d | Spur — ζ _r w ₁ = 56 |
| $W_c=8,21$ | $P = 17,91$ | $S_1=0,67$ | $\eta_1 = 0,82$ | $V = 1,5$ | $F_1=0,9$ | K P ₃ Kd ₃ P ₃ V 0,95 (1 - 0,13) + 0,05 (2,5 - 0,16) + 0,5 Q = 1,44 (I—II) | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------|
| 21 | F. Dettensee im Neckartal (Sigm.) B. Kirche z. Dettensee A. ca. 400 J. | Graugelb mit gleichmäßig verteilten kleinen Rostflecken; ziemlich feinkörnig, stellenweise kavernös; Qk _{x6} . Porenzement: sehr schwach silifiziert. Festes Gestein mit spärlichem Feldspat und Glimmerblättchen. | Die Ecken sind stark abgewittert; im Innern jedoch nur geringe Festigkeitsverminderung. | I—II bis II | 1) — 2) K 3) 0,4 (Kd) | — — W ₁ =9,02 W ₂ =9,55 | — — — |
| 22 | F. Heiligenstadt *) (Prov. Sachsen) B. St. Martinskirche A. 500 J., renoviert vor 150 J. | Matt kirschrot; feinkörnig; Qk _{x2} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Undeutlich geschichtet. Ziemlich festes Gestein mit wenig Feldspat, Glimmer und stellenweise mit Körnchen von schwarzer Farbe. | Verwitterungsrinde teils unbedeutend u. glatt, teils beträchtlich u. rauh. Festigkeit im Innern z. T. stark vermindert. Die Poren mit Kaolin gefüllt. | I z. T. I—II bis II | 1a) 91,71 1b) — 2) K 3) 0,2 (Kd ₃) | 2,84 34,01 — W ₁ =6,57 W ₂ =6,95 | — — — — |
| 23 | F. Sommerholz *) bei Neumühle (Hessen-Nassau) B. Renthof zu Kassel A. 320 J. | Weiß, mit schwachen Rostflecken und rostgelben Sandlöchern; kleinkörnig und ziemlich porös; Qk _{x3} . Porenzement: wenig silifiziert. Gestein ziemlich mürbe. | Gesimsstücke sehr stark abgewittert; im Innern aber noch verhältnismäßig fest. | I—II z. T. II | 1) — 2) K 3) W ₁ =5,66 W ₂ =5,94 | — — — | — — — |
| 24 | F. Hahlgraben auf d. Leherz *) (Hessen-Nassau) B. Kirche zu Großenlütder A. Ältest. Teil ca. 560 J. Schiff: 140 J. | Hellkirschrot, braun gefleckt; grobkörnig, stellenweise kavernös bzw. grobporig; Qk _{x5} . Undeutlich geschichtet. Spärliche Feldspatkörnchen. Das gegenwärtige Bruchgestein enthält vielfach mürbe Stellen, während das alte Baumaterial durchweg fest ist. | An den ältesten Teilen des Gebäudes zeigen die Ornamente ziemlich beträchtliche Verwitterung, die Werksteine des aufsteigenden Mauerwerks jedoch nur geringe Oberflächenverwitterung, ohne erhebliche Festigkeitsverminderung. | IC | 1) — 2) K 3) W ₁ =2,20 W ₂ =2,38 | — Sm I — | — — — |
| 25 | F. Grochlitz a. d. Saale *) (Prov. Sachsen) B. Domkirche zu Magdeburg A. 350 J., z. T. 690 J. | Blaß kirschrot; rötlichweiß gebändert; kleinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: teils tonig, teils kieselig. Vollkommen geschichtetes, ziemlich festes Gestein mit spärlichem Feldspat und Eisenkies. | Farbe matter als im Bruchmaterial. Starke narbige Verwitterungsrinde; i. Innern beträchtliche Festigkeitsverminderung. (Verwitterung am älteren Teil der Kirche.) | I—II z. T. II | 1a) 92,48 1b) — 2) K 3) 0,3 (Kd ₄) | 2,75 37,47 Sm I W ₁ =4,38 W ₂ =4,44 | — — — — |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779—780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------|-------------|------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | — | 18,22 | — |
| Bz=3-4 | Bm = 0,42-0,53 | — | p ₄ | π _{2x-5} | — | 2 f ₁₋₂ ; gl | sg ₀ m ₀ | φ XXV d | ζ, w ₁ = 53 |
| W _c = 14,01 | P = 26,97 | S ₁ = 0,68 | γ ₁ = 0,65 | K p ₄ Kd ₄ p ₄ π _{2x-5} ζ, w ₁ γ ₁ Q 0,6 (1,5-0,5) + 0,4 (3,3-0,4) - 0,25 + 0,35 = 1,86 (I-II-II) | | | | | |
| 2,50 | 0,94 | 0,05 | 0,19 | 1,00 | — | ger. Spur | — | 8,35 | — |
| 29,94 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Bz=1-4 | Bm = 0,15-0,65 | 3 d ₃ | p ₀ (p ₃) | π ₃ ; 4 | k _{x2} | 2f ₂ ; gl | sg ₁ m ₂ | φ XIX d | ζ, w ₁ = 43 |
| W _c = 10,61 | P = 21,89 | S ₁ = 0,66 | γ ₁ = 0,74 | K Kd ₃ p ₃ Q 0,8 · 1,2 + 0,2 (2,6 - 0,37) = 1,41 (I-II) | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 3,64 | — |
| Bz=2-5 | Bm = 0,20-0,75 | — | p ₀ | π _{2x-4} ; 0 | k _{x3} | — | sg ₁ m ₂ | φ XXIV d | ζ, w ₁ = 21 |
| W _c = 10,89 | P = 22,35 | S ₁ = 0,55 | γ ₁ = 0,82 | K ζ, w ₁ Q 1,1 + 0,6 = 1,7 (I-II) | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 3,55 | — |
| Bz=4-5 | Bm = 0,63-0,85 | 1 d ₃ | p ₀ ; 5 | π ₀ ; 5 | k _{x5} | 2f ₁ | sg ₁ m ₁ | φ XX c | ζ, w ₁ = 78 |
| W _c = 4,75 | P = 11,15 | S ₁ = 0,50 | γ ₁ = 0,79 | K p ₀ ; 5 ζ, w ₁ Q 0,65 - 0,04 + 0,12 = 0,73 (IC) | | | | | |
| 2,14 | 0,33 | 0,40 | 0,13 | 0,60 | — | ger. Spur | — | 7,34 | 0,68 |
| 29,15 | 4,50 | 5,45 | 1,77 | 8,17 | — | — | — | — | — |
| Bz=2-5 | Bm = 0,42-0,58 | 2 d ₁₋₂ | p ₄ | π ₀ ; 4 γ | k _{x3} | 2 f ₁₋₂ ; ks | sg ₄ m ₂ | φ XIII/VI d | ζ, w ₁ = 37 |
| W _c = 7,83 | P = 17,03 | S ₁ = 0,57 | γ ₁ = 0,62 | K p ₄ Kd ₄ p ₄ ; γ 0,7 (1 - 0,25) + 0,3 (3,0-0,4) ζ, w ₁ V Q + 0,1 + 0,2 = 1,61 (I-II) | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----|
| 26 | F. Neukirch *) (Schlesien) B. Ruine der Kirche zu Neukirch A. ca. 600 J. | Matt bräunlichrot; feinkörnig; Qk _{x5} . Porenzement: teils ziemlich stark, teils sehr schwach silifiziert. Dünnschiefertes, ziemlich festes Gestein. | Geringe Oberflächenverwitterung, aber ziemlich beträchtliche Festigkeitsverminderung im Innern. | I | 1a) 86,99 1b) — 2) K 3) W ₁ =5,57 | 5,05 38,03 Sm I-II ₀ W ₂ =5,89 | |
| 27 | F. Frankenberg (Hessen-Nassau) B. Luth. Kirche z. Frankenberg †) A. 600 bis 700 J. | Gelblichrotes, sehr feinkörniges, deutlich geschichtetes festes Gestein. Anm.: Beschaffenheit des gegenwärtigen Bruchgesteins s. Nr. 28. | Teils unbedeutende, teils stärkere glatte Verwitterungsrinde mit reichlichem Eisenoxydhydrat. Etwas abblätternd. | I C z. T. I | 1) — 2) K 3) W ₁ =7,92 | — Sm I-(II) z 2-4 W ₂ =8,06 | |
| 28 | F. Frankenberg *) (Hessen-Nassau) | Gelblichrot; sehr feinkörnig; Qk _{x4} . Porenzement: teils zeolithisch, teils tonig und ziemlich stark silifiziert. Dünnschichtiges, ziemlich festes Gestein. | | — | 1) — 2) Kd _{3-4;cc} 3) W ₁ =6,90 | — Sm I-(II) 0,4(K) W ₂ =7,33 | |
| 29 | F. Seidenroth *) (Kreis Schlüchtern, Kassel) B. Fürstenhaus zu Steinau A. 367 J. | Hellkirschrot, weiß gefleckt; z. T. hellrot mit Rostflecken; grobkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: wenig silifiziert. Deutlich geschichtetes Gestein mit ziemlich reichlichem Feldspat und wenig Eisenkies. | Mauerflächen stellenweise beträchtlich abgewittert; auch im Innern ist das Gestein z. T. bereits überaus mürbe. | II bis II-III | 1a) 97,15 1b) — 2) K 3) W ₁ =4,93 | 1,13 39,10 — W ₂ =4,94 | |
| 30 | F. Dammelsberg *) (Hessen-Nassau) B. Schloß zu Marburg A. ca. 400 J. | Hellrot; grobkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: sehr schwach silifiziert. Gestein deutlich geschichtet und von mittlerer Festigkeit. Anm.: Das eingesandte Bruchgestein ist von etwas geringerer Festigkeit als das Baumaterial. | Die vertikalen Mauerflächen zeigen z. T. beträchtliche Aushöhlungen; Gesimse durchgängig, ziemlich stark verwittert. Die Farbe ist stark ausgebleicht (mattgelblich-rot). Im Innern hat das Gestein jedoch nicht sehr erhebliche an Festigkeit eingebüßt. | I-II bis II | 1) — 2) K 3) W ₁ =5,61 | — — W ₂ =5,64 | |
| 31 | F. Röllinghausen *) (Hannover) B. Rathaus zu Alfeld A. 300 J. | Bräunlich kirschrot; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: schwach silifiziert. Deutlich geschichtet, ebenflächig spaltend, mit Glimmer u. lockeren Knötchen auf den Schichtflächen. Gestein von mittlerer Festigkeit. | Starke, durch Auswitterung der auf den Schichtflächen vorhand. Knötchen narbige Verwitterungsrinde. Gestein im Innern sehr mürbe. | II bis II-III | 1) — 2) K 3) W ₁ =6,75 | — Sm XVI W ₂ =7,22 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------------------------------|
| 4,64 | 0,89 | 0,11 | 0,21 | 0,78 | — | Spur | — | 13,28 | 0,22 |
| 34,94 | 6,70 | 0,83 | 1,58 | 5,87 | — | — | — | — | — |
| Bz=3-5 | Bm = 0,46-0,83 | 4 d ₃ | P _{3;5} | π _{0;5} | k _{x5} | — | sg ₃ m ₂ | φ XIII d | ζ _r w ₁ = 42 |
| W ₀ = 10,25 | P = 20,80 | S ₁ = 0,58 | τ ₁ = 0,66 | V = 1,3 | F ₁ = 0,78 | $\frac{K \quad P_{3;5} \quad Kd_2 \quad P_{3;5} \quad \zeta_r w_1}{0,9(0,7 - 0,15) + 0,1(2 - 0,26) + 0,3}$ $\frac{V \quad Q}{+ 0,1} = 1,07 \text{ (I)}$ | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 6,44 | — |
| Bz=3-5 | Bm = 0,50-0,70 | 4 d ₃ | P _{0;5} | — | k _{x2} | 3 f ₃ ; 4 ok | sg ₁ m ₁ | φ XVII d | ζ _r w ₁ = 57 |
| W ₀ = 12,15 | P = 24,45 | S ₁ = 0,66 | τ ₁ = 0,86 | — | — | $\frac{K \quad P_{0;5} \quad \zeta_r w_1 \quad Q}{0,85 - 0,06 + 0,13} = 0,92 \text{ (I)}$ | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 14,79 | — |
| Bz=2-4 | Bm = 0,28-0,66 | 2 d ₂ | P _{0;3-4;cc} | π ₀ | k _{x2} untergeordnet | 1 f ₁ ; 3 cc | sg ₂ m ₁ | φ XVII/XIX d | ζ _r w ₁ = 51 |
| W ₀ = 11,31 | P = 23,14 | S ₁ = 0,65 | τ ₁ = 0,72 | — | — | $\frac{Kd_{3-4;cc} \quad P_{0;3-4;cc} \quad K \quad P_0}{0,6(2,6 - 0,37) + 0,4 \cdot 1,25}$ $\frac{\zeta_r w_1 \quad Q}{- 0,2} = 1,64 \text{ (I-II)}$ | | | |
| 0,51 | 0,20 | — | 0,31 | 0,40 | — | ger. Spur | — | 2,89 | 1,73 |
| 17,65 | 6,92 | — | 10,73 | 13,84 | — | — | — | — | — |
| Bz=2-4 | Bm = 0,28-0,57 | 2 d ₂ | P _{0;5} | π _{0;5} | k _{x3} | 3 f ₃ ; 2 ks | sg ₃ m ₁ | φ XXV d | ζ _r w ₁ = 33 |
| W ₀ = 7,91 | P = 17,27 | S ₁ = 0,63 | τ ₁ = 0,62 | $\frac{K \quad P_{0;5} \quad Kd_3 \quad P_{0;5} \quad \zeta_r w_1 \quad S\eta \quad Q}{0,8(1,25 - 0,07) + 0,2(2,6 - 0,08) + 0,12 + 0,45} = 2,02 \text{ (II)}$ | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 6,69 | — |
| Bz=3-5 | Bm = 0,25-0,50 | 1 d ₁ | P ₀ | π ₀ | k _{x3} | 1 f ₁ | sg ₃ m ₁ | φ XXI d | ζ _r w ₁ = 34 |
| W ₀ = 10,56 | P = 21,84 | S ₁ = 0,53 | τ ₁ = 0,6 | V = 1,3 | — | $\frac{K \quad Kd_5 \quad p_{5-6} \quad \zeta_r w_1 \quad Q}{0,8 \cdot 1,4 + 0,2(4,0 - 0,1) + 0,1} = 2,0 \text{ (II)}$ | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 14,60 | — |
| Bz=3-4 | Bm = 0,44-0,66 | 2 d ₂ | P _{4;5} | π _{4;5} | k _{x4} | 1 f ₁₋₂ 3 gl | sg ₁ m ₃ | φ XIX c | ζ _r w ₁ = 32 |
| W ₀ = 10,81 | P = 22,35 | S ₁ = 0,67 | τ ₁ = 0,7 | $\frac{K \quad p_{4-5} \quad Kd_4 \quad \zeta_r w_1 \quad S\eta \quad Q}{0,6(0,9 - 0,2) + 0,4(3,0 - 0,21) + 0,18 + 0,22} = 1,94 \text{ (II)}$ | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 32 | F. Aschaffenburg*) (Bayern) B. Kath. Kirche zu Oberursel A. 395 J. | Hellkirschrot, braun gefleckt; feinkörnig; Porenzement: Qk _{x5} . schwach silifiziert. Deutlich geschichtet. Ziemlich reichlich Feldspat, pulverförmiges Eisenoxyd und Eisenkies. Gestein von beträchtlicher Festigkeit. | Das Gestein ist schichtig ausgenagt; die braunen Flecken sind sehr mürbe, auch hat das Material eine beträchtl. Verminderung seiner Festigkeit erfahren. | II | 1) 2) 3) | — $\frac{K}{Kd_{3-4}}$ $W_1=4,32$ | — Sm I $W_2=4,75$ |
| 33 | F. Im Obermaintal (Bayern) *) B. Marienkirche zu Hanau A. Über 200 J. | Kirschrot, stellenw. schichtige Einlagerungen von weißer Farbe; feinkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: schwach silifiziert, mit reichl. tonigem Eisenoxyd u. beträchtl. Gehalt an FeS ₂ . Vollkommen geschichtetes, festes Gestein. | Ziemlich starke Oberflächenverwitterung; geringe, bis zieml. beträchtliche Festigkeitsverminderung im Innern. | II | 1a) 1b) 2) 3) | 80,05 — $\frac{Kd_3}{K}$ $W_1=3,24$ | 7,37 35,43 Sm I-II _{z3} $W_2=3,35$ |
| 34 | F. Aschersleben (Prov. Sachsen) B. St. Stephanikirche z. Aschersleben ††) A. ca. 450 J. | Gelblich-weiß mit hellgelb. Schichtstreifen; grobkörnig u. grobporig, z. T. kavernös; Qk _{x3} . Porenzement: schwach bis ziemlich stark silifiziert, und zwar schichtig abwechselnd. Gestein mittelfest, mit spärlichem Eisenkies. | Teils rinnenförm. Ausnagung bis zu 3 cm Tiefe parallel der Schichtung, teils bis auf mehrere cm glatt abgewittert. Im Innern beträchtliche Festigkeitsverminderung. | II | 1a) 1b) 2) 3) | 87,30 — $\frac{K}{Kd_2}$ $W_1=7,96$ | 4,56 36,98 Sm I(II) ₀ $W_2=8,77$ |
| 35 | F. Röhrtal *) (Westfalen) B. Annakirche zu Düren A. ca. 350 J. | Rostbraun; feinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: schwach silifiziert, mit reichlichem Eisenocker. Gestein von mittlerer Festigkeit. | Zum Teil stark verwittert. Die zerstörten Werksteine sind bereits ausgewechselt, sodaß die Art der Verwitterung nicht näher festzustellen war. | ca. II-III | 1) 2) 3) | — $\frac{K}{0,1(Kd_{2-3})}$ $W_1=6,45$ | Sm VI- VII _{z2} ; 4 $W_2=6,80$ |
| 36 | F. Trier *) B. Kloster zu Kochem A. 200 J. | Kirschrot; feinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: schwach silifiziert, mit reichlich tonigem Eisenoxyd. Sehr vollkommen geschichtet, mit Glimmer auf den Schichtflächen. Gestein von beträchtl. Festigkeit. | Stark abgewittert u. parallel d. Schichtung rüffelartig ausgenagt. Festigkeitsverminderung im Innern ziemlich beträchtlich. | II bis II-III | 1) 2) 3) | — $\frac{Kd_3}{0,1(K)}$ $W_1=6,54$ | Sm I-II _{z3} Bi 1-2(3) $W_2=6,98$ |
| 37 | F. Linkes Moselufer bei Trier *) B. Roter Turm am Katastergebäude zu Trier A. 450 J. | Intensiv ziegelrot; grobkörnig; grobporig; Qk _{x2} . Porenzement: wenig silifiziert, mit reichlichem Eisenoxyd. Unvollkommen geschichtet. Gestein von geringer Festigkeit mit ziemlich reichlichen, opaken Feldspatkörnchen. | Der Sockel des Gebäudes ist stark verwittert. Die Verwitterungsrinde ist glatt, das Gestein im Innern vollständig mürbe. Dagegen ist das Material in den oberen Teilen d. aufsteigenden Mauerwerks verhältnismäß. noch ziemlich gut erhalten. | II bis II-III | 1) 2) 3) | — $\frac{K}{Kd_4}$ $W_1=6,20$ | — $W_2=6,21$ |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------|------------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | — | 7,63 | — |
| Bz=2-4 | $\frac{Bm}{0,29-0,57}$ $\frac{0,3-0,62}{P=16,95}$ | 4 d ₃ | p ₆ | π | kx ₅ | 3 f ₂ ; ks; o | sg ₀ m ₂ | φ VIII d | $\zeta, w_1 = \frac{57}{32}$ |
| W _c =7,44 | | S ₁ =0,61 | η ₁ =0,69 | — | K ζ, w_1 f; ks Q Kd ₃₋₄ f; ks Q 1,2 - 0,3 + 0,2 = 1,1 (I); 2,8 + 0,4 = 3,2 (III) | | | | |
| 5,87 28,22 | 2,10 10,11 | 0,20 0,96 | 0,68 3,27 | 3,28 15,77 | — — | Spur — | Spur 0,28 | 20,80 — | 0,4 — |
| Bz=2-4 | $\frac{Bm}{0,33-0,50}$ | 3 d ₂₋₃ | $\frac{p_3}{[p]}$ | — | — | 4 ks; o | sg ₁ m ₃ | φ VIII d | $\zeta, w_1 = 37$ |
| W _c =4,92 | P=11,64 | S ₁ =0,68 | η ₁ =0,66 | V=1,15 | F ₂ =0,8 | Kd ₃ p ₃ ks K ζ, w_1 [0,5 (2,6 - 0,37)] 1,02 + 0,5 · 1,2 + 0,1 η ₁ V Q + 0,1 + 0,15 = 2,09 (II) | | | |
| 4,20 34,06 | 0,11 0,89 | 0,29 2,35 | 0,88 7,14 | — — | — — | Spur — | Spur — | 12,33 — | 0,4 — |
| Bz=2-5 | $\frac{Bm}{0,17-0,72}$ | — | $\frac{p_0}{p_2}$ | π ₀ | kx ₃ | 2 ks | sg ₁ m ₂ | φ XXII d | $\zeta, w_1 = 35$ |
| W _c = 14,56 | P = 27,72 | S ₁ = 0,60 | η ₁ = 0,74 | V = 1,4 | K Kd ₂ p ₂ ζ, w_1 V Q 0,5 · 1,4 + 0,5 (2,3 - 0,48) + 0,15 + 0,3 = 2,06 (II) | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 40,77 | — |
| Bz=2-3 | $\frac{Bm}{0,1-0,4}$ | — | $\frac{p_{2-4}}{p_0}$ | π ₀ | kx ₃ | 4 ok | sg ₁ m ₁ | φ XXIII d/o | $\zeta, w_1 = 31$ |
| W _c =9,68 | P = 20,73 | S ₁ = 0,70 | η ₁ = 0,8 | V = 1,5 | K p ₂₋₄ Kd ₂₋₃ ζ, w_1 V 0,9 (1,45 - 0,44) + 0,1 · 2,5 + 0,3 + 0,5 Sm VI- VII _{z2-4} Q + 0,5 = 2,46 (II-III) | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 14,16 | — |
| Bz=2-3 | $\frac{Bm}{0,2-0,3}$ | 2 d ₃ | $\frac{p_3}{[p]}$ | — | kx ₃ | 1 f ₁ ; 4 o; s ₃ [g] | sg ₃ m ₃ | φ XXI d | $\zeta, w_1 = 56$ |
| W _c = 10,35 | P = 21,56 | S ₁ = 0,67 | η ₁ = 0,55 | V = 1,3 | Kd ₃ p ₃ K ζ, w_1 V Q 0,9 (2,75 - 0,38) + 0,1 · 1,4 - 0,4 + 0,4 = 2,27 (II-III) | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 3,81 | — |
| Bz=2-4 | $\frac{Bm}{0,16-0,49}$ | 4 d ₃ | p ₀ | π ₀ | kx ₂ | 3 f ₃ ; 4 o | sg ₁ m ₀ | φ XXIV d | $\zeta, w_1 = 22$ |
| W _c =9,89 | P = 20,68 | S ₁ = 0,63 | η ₁ = 0,73 | — | K p _{5; 6} Kd ₄ p _{5; 6} ζ, w_1 Q 0,5 (1,4 - 0,09) + 0,5 (3,2 - 0,09) + 0,4 = 2,6 (II-III) | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 38 | F. Werratal *) (Prov. Sachsen) B. Kirche z. Kloster Vessra A. 500 J. | Weiß, mit kleinen Rostflecken; grobkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: sehr schwach silifiziert. Deutlich geschichtetes Gestein v. geringer Festigkeit mit zersetzt. Feldspatkörnchen und wenig Eisenkies. | Gesimse u. Ornamente sind stark abgewittert und klüftig; auch im übrigen ist das Material z. T. schon sehr mürbe u. mit starken Rostflecken überzogen. | I-II | 1 a) 1 b) 2) 3) | 96,36 — K 0,4(Kd ₃) W ₁ =2,08 | 1,06 34,98 Sm I-(II) W ₂ =2,25 |
| 40 | F. Lichtberg bei Burghausen (Hess.-Nass.) B. Kath. Kirche zu Burghausen †) A. 190 J. | Weiß, stellenweise schwach rostgelb; grobkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: schwach silifiziert. Deutlich geschichtetes Gestein von kaum mittlerer Festigkeit mit reichl. Feldspatkörnchen. | Ziemlich starke Abwitterung mit rostfarbiger Rinde. Im Innern beträchtliche bis starke Festigkeitsverminderung. | II-III z. T. III | 1) 2) 3) | — K 0,4(Kd ₄) ₅ W ₁ =6,90 | — — W ₂ =7,03 |
| 41 | F. Heerbergsbruch b. Wesseln (Hildesheim.) *) B. Kirche zu Detfurth A. 116 J. | Hellgelb; feinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: kaum merklich silifiziert. Zieml. mürbes Gestein mit wenig Feldspat und sehr spärlich Eisenkies. | Sehr stark höhlige, z. T. bis 2 cm tiefe Ausnagung. Verwitterungsrinde dunkel rostfarbig. Im Innern jedoch das Gestein zeigt nur geringe Einbuße an Festigkeit. | II-III bis III | 1) 2) 3) | — K 0,2(Kd ₅₋₆) W ₁ =6,01 | — Sm I W ₂ =6,46 |
| 42 | F. Schröckerbrunnen b. Marburg B. Neuer Zwischenbau d. Schlosses ††) A. 23 J. | Hellrot; fein- bis feinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: schwach silifiziert. Festes Gestein mit zieml. reichlichem, kaolinisierten Feldspat und Eisenkies. | Spuren einer narbigen Oberflächenverwitterung ohne Festigkeitsverminderung im Innern. Anm.: Bei der unbedeutenden Verwitterungserscheinung u. d. geringen Alter des Bauwerks ist die Qualitätsklasse nicht mit Sicherheit bestimmbar. | III? | 1) 2) 3) | — K 0,4(Kd ₅) W ₁ =5,17 | — — W ₂ =5,57 |
| 43 | F. Sohlen oder Wanzleben (Prov. Sachsen) B. Evang. Kirche zu Sohlen †) A. Über 100 J. | Hellgraugelb m. kleinen Rostflecken; feinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: nicht merklich silifiziert. Festes Gestein mit Kalkspatkörnchen und reichlichem Eisenkies. | Zum Teil stark abgewittert mit rostgelb. Rinde. Schichtung fugenart. ausgeagt. Festigkeit im Innern wenig bis ziemlich beträchtlich vermindert. | II-III z. T. III | 1 a) 1 b) 2) 3) | 75,12 — K Kd ₄ W ₁ =2,95 | 2,56 10,04 Sm II-III _{z4} Bi 1-4 W ₂ =3,38 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|
| 0,47 15,51 Bz=4-6 W _c =4,36 | 0,47 15,51 Bm = 0,72-0,74 P = 10,31 | Spur — 1 d ₂ S ₁ =0,52 | 0,60 19,81 P ₃ P ₅ γ ₁₁ =0,85 | 0,55 18,15 — — | — — k _{x3} | Spur — 1 f ₂ ; 2 ks | Spur — sg ₁ m ₂ | 3,03 — φ XIX/XVIII d | 0,66 — ζ _r w ₁ = 37 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> K P₃ Kd₃ P₅ ζ_rw₁ Q 0,6(0,7 - 0,27) + 0,4(2,3 - 0,14) + 0,2 = 1,32 (I-II) </div> | | | | | | | | | |
| — Bz=3-5 W ₂ =9,16 | — Bm = 0,36-0,48 P = 19,45 | — 3 d ₂ S ₁ =0,77 | — P ₀ ; 5-6 — | — π — | — k _{x3} | — 4 f ₂ | — sg ₂ m ₁ | 2,94 — | — ζ _r w ₁ = 28 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> K P₀; 5-6 Kd₄; 5 P₅₋₆ ζ_rw₁ S₁ Q (II-III) 0,6(1,4 - 0,05) + 0,3(3,6 - 0,09) + 0,25 + 0,75 = 2,86 (-III) </div> | | | | | | | | | |
| — Bz=2-4 W _c = 10,78 | — Bm = 0,35-0,45 P = 22,18 | — 2 d ₁ S ₁ =0,60 | — P ₀ ; 6 γ ₁₁ = 0,81 | — π ₀ | — k _{x3} | — 2 f ₁₋₂ ; 1 ks | — sg ₀ m ₁ | 6,31 — | — φ XVII/XIX d ζ _r w ₁ = 29 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> K Kd₅₋₆ ζ_rw₁ Q 0,8 · 1,3 + 0,2 · 5,25 + 0,2 = 2,29 (II-III) </div> | | | | | | | | | |
| — Bz=3-4 W _c =9,05 | — Bm = 0,52-0,82 P = 19,28 | — 2 d ₃ S ₁ =0,62 | — P ₀ ; 5 γ ₁₁ =0,76 | — π ₀ ; 5 | — k _{x3} | — 3 f ₂ ; ks | — sg ₀ m ₀ | 9,34 — | — φ XIX d ζ _r w ₁ = 47 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> K P₀; 5 Kd₅ ks Q [0,6(0,83-0,06) + 0,4(3,65 - 0,14)] 1,29 = 2,41 (II-III) </div> | | | | | | | | | |
| 2,49 9,81 Bz=2-5 W _c =4,61 | 0,65 2,61 Bm = 0,45-0,95 für Kd P = 10,97 | 6,56 25,87 — S ₂ =0,73 | 3,30 13,01 P ₄ γ ₁₁ = 0,82 | 0,55 2,21 π _{cc} | 8,77 34,45 k _{x3} | Spur 1,4 3 f ₃ ; 4 ks; 2 cc | Spur 1,53 sg ₀ m ₃ | 24,88 — | — — ζ _r w ₁ = 49 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> K P₄ Kd₄ P₄ ([0,5(0,75 - 0,16) + 0,5(2,7 - 0,23)] SmII-III ks Q 1,05) 1,5 = 2,4 (II-III) </div> | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----|
| 44 | F. Bernterode *) (Prov. Sachsen) A. 26 J. | Dunkelziegelrot, hell gebändert; feinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: tonig, stark eisenoxydhaltig. Deutlich geschichtet. Wenig festes Gestein mit spärlichen Feldspatkörnchen u. reichl. Eisenkies. | s. Nr. 45. | — | 1 a) 96,99 1 b) — 2) Kd ₅ 0,2 (K) 3) W ₁ =4,25 | 1,07 31,20 Sm I W ₂ =4,86 | |
| 45 | F. Bernterode (Prov. Sachsen) B. Kirche zu Bernterode ††) A. 26 J. | s. Nr. 44. | Einzel. Quadern gut erhalten; im allgemeinen aber schichtig ausgewittert. Gestein meist sehr mürbe bis bröcklig und in der Farbe beträchtl. heller als das frische Bruchgestein. | z. T. VI | 1 a) 95,09 1 b) — 2) Kd ₅ 0,2 (K) 3) W ₁ =8,80 | 1,57 31,03 Sm I W ₂ =8,80 | |
| 13 b | F. Am hohen Berge bei Geismar *) (Hess.-Nassau) B. Eder-Brücke zu Fritzlar A. ca. 600 J. | Gelbl. rostbraun; feinkörnig; grobporig; Qk _{x2} . Ziemlich festes Gestein mit sehr spärlich. Eisenkies. | Sehr beträchtlich, z. T. bis auf 1 cm Stärke abgewittert. Gestein auch im Innern vollst. mürbe. | I | 1) — 2) K 3) W ₁ =5,79 | — — W ₂ =5,80 | |
| 47 | F. Nördl. Abhang des Grasberges b. Schmalkalden B. Stadtmauerreste z. Schmalkalden †) A. ca. 550 J. | Hellgrau; feinkörnig; Qk _{x4} . Porenzement: teils tonig, teils zeolithisch. Undeutlich geschichtetes, ziemlich festes Gestein. | Zum Teil sehr stark abgewittertes Gestein im Innern ziemlich mürbe. | I bis I-II | 1) — 2) K 0,3(KdxII) 3) W ₁ =5,24 | — Sm I W ₂ =6,25 | |
| 48 s.a. 20 | F. Polle a. d. Weser*) (Hannover) B. Fundamente d. Burgturms zu Polle A. ca. 700 J. | Blaßrot, dunkelbraunrot gebändert bzw. gefleckt; feinkörnig; Qk _{x4} . Porenzement: ziemlich schwach silifiziert. Festes Gestein mit reichlichen, etwas zersetzten Feldspatkörnchen. | Zum Teil ziemlich beträchtliche Verwitterung. Feldspatkörnchen vollkom. zersetzt. Gestein auch im Innern mürbe. | I | 1 a) 88,66 1 b) — 2) K 0,05(Kd ₉) 3) W ₁ =5,34 | 3,52 32,62 Sm XIV (XV) W ₂ =5,51 | |

Anmerkung: Bei Gesteinen, welche zu Wegeunterführungen und Wasserbauten Verwendung gefunden haben, wird W₁ und W₂ (s. Kol. 7 und 8) nach 3 tägiger bzw. 10 tägiger Wasser-S₂ bzw. S₃ (s. Kol. 11) berechnet.

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779—780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|
| 0,90 26,24 Bz=2-4 W _c =8,91 | 0,28 8,16 Bm = 0,18-0,40 P = 18,98 | 0,09 2,62 2 d ₁ S ₁ =0,71 | 0,12 3,50 P _{0;5} r ₁ =0,54 | 0,65 18,95 π _{0;5} V = 1,7 | — — k _{x3} F ₁ =0,85 | Spur 1,2 2 f ₁ ; 4 o | Spur 1,48 sg ₃ m ₁ | 3,43 — φ XXIV d | 1,17 — ζ _r w ₁ = 22 |
| 1,55 30,63 Bz=3-6 W _c = 12,05 | 0,28 5,53 Bm = 0,27-0,67 P = 24,08 | Spur — 3 d ₁ S ₁ =0,73 | 0,33 6,52 P _{0;5} r ₁ =0,53 | 0,54 10,67 π _{0;5} V = 1,7 | — — k _{x3} — | 0,08 1,58 1 f ₁₋₂ | Spur 1,53 sg ₃ m ₂ | 5,06 — φ XXIV d | 4,74 — ζ _r w ₁ = 20 |
| — — Bz=3-5 W _c = 10,06 | — — Bm = 0,38-0,85 P = 20,71 | — — 2 d ₂ S ₃ =0,75 | — — P ₀ r ₃ =0,83 | — — π _{0;5} — | — — k _{x2} — | — — — — | — — sg ₁ m ₀ | 10,13 — — | — — ζ _r w ₃ = 33 |
| — — Bz=3-5 W _c =8,23 | — — Bm = 0,30-0,64 P = 17,62 | — — — S ₃ =0,74 | — — P _{xII;4} r ₂ =0,79 | — — π _{xII;4} V = 1,35 | — — k _{x1} — | — — 1 f ₃ | — — sg ₁ m ₂ | 15,10 — φ (IX + XIII) d | — — ζ _r w ₂ = 30 |
| 2,93 27,16 Bz=3-6 W _c =8,21 | 2,32 21,50 Bm = 0,3-0,7 P = 17,91 | 0,56 5,19 1 d ₂ S ₂ =0,79 | 0,56 5,19 P ₅ r ₂ =0,82 | — — π _{5;γ} V = 1,5 | — — k _{x4-5} — | — — 4 f ₂ | — — sg ₃ m ₃ | 10,79 — φ XV d | Spur — ζ _r w ₂ = 56 |
| | | | | | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $Kd_5 \quad P_{0;5} \quad K \quad \zeta_r w_1$ $[0,8(4 - 0,09) + 0,2(1,4 - 0,09) + 0,1$ $S\eta V ks \quad Q$ $+ 1,7] 1,1 = 5,7 \quad (V-VI)$ </div> | | | |
| | | | | | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $Kd_5 \quad P_{0;5} \quad K \quad P_{0;5} \quad \zeta_r w_1$ $[0,8(3,9 - 0,09) + 0,2(1,25 - 0,09) + 0,2$ $S\eta V ks \quad Q$ $+ 2,2] 1,03 = 5,9 \quad (VI)$ </div> | | | |
| | | | | | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $K \quad \zeta_r w_3 \quad r_3 \quad S \quad Q$ $(1,2 + 0,2 + 0,35) 1,1 = 1,93 \quad (II); r \quad (I)$ </div> | | | |
| | | | | | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $K \quad P_{xII;4} \quad Kd_{xII} \quad P_{xII;4} \quad S\eta V$ $0,7(0,8 - 0,3) + 0,3(1,75 - 0,42) + 0,9$ Q $= 1,65 \quad (I-II); r \quad (I,15)$ </div> | | | |
| | | | | | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $K \quad p_5 \quad Kd_3 \quad V$ $0,95(1 - 0,13) + 0,05(2,5 - 0,16) + 0,5$ Q $= 1,44 \quad (I-II); r \quad (I)$ </div> | | | |

gefunden haben, wird W₁ und W₂ (s. Kol. 7 und 8) nach 3 tägiger bzw. 10 tägiger Wasser-S₂ bzw. S₃ (s. Kol. 11) berechnet.

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----|
| 49 | F. Helmetal bei Nordhausen *) B. Stadtmauer zu Nordhausen A. ca. 500 J. | Gelb und rot, schichtig abwechselnd; sehr feinkörnig; Qk _{x2} . Porenzement: schwach silifiziert, z. T. rein tonig. Sehr deutlich geschichtetes Gestein von mittlerer Festigkeit. | Im allgemeinen beträchtlich verwittert, während einzelne Teile noch ziemlich gut erhalten sind. | I | 1a) 81,73 1b) — 2) K 3) $W_1=5,70$ | 3,69 19,74 Sm I $W_2=6,35$ | |
| 50 | F. Merseburg (Umgebung) B. Durchlaß der Eisenbahnstrecke Halle-Bebra †) A. 48 J. | Weiß; grobkörnig; die Poren reichl. mit Kaolin überindet, Qk _{x3} . Deutlich geschichtetes, mittelfestes Gestein mit ziemlich beträchtlichem Eisenkiesgehalt. | Zum Teil bereits beträchtliche Oberflächenverwitterung, auch die Festigkeit im Innern merklich vermindert. | II-III z. T. III | 1a) 89,44 1b) — 2) K 3) $W_1=6,71$ | 4,02 37,50 Sm II ₀ Bi 3-(4) $W_2=7,08$ | |
| 52 | F. Büdingen *) (Hess.-Darmst.) B. Gewölbt. Durchlaß der Eisenbahnstrecke Kassel-Frankfurt a. M. A. 44 J. | Hellrot, mit kleinen braunroten Flecken und Schichtstreifen: feinkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: zieml. schwach silifiziert. Trotz d. reichlichen, zersetzten Feldspatkörnchen ziemlich festes Gestein. | Zum Teil bereits beträchtliche Oberflächenverwitterung. Gestein im Innern ziemlich mürbe. | II-III z. T. III | 1) — 2) $\frac{Kd_4}{0,3(K)}$ 3) $W_1=4,78$ | — Sm I— Π_{z4-5} $W_2=5,19$ | |
| 53 | F. Bleichenbach *) (Hessen-Darmst.) B. Gewölbt. Unterführ., dient d. Abflußwässern eines Gradierwerks z. Durchlaß A. 44 J. | Hellrot, mit sehr reichl. weißen Feldspatkörnchen; feinkörn.; Qk _{x2} . Festes Gestein. | Brüstungsmauern stark verwittert. Die Farbe ist in dunkelrot umgewandelt, die Festigkeit des Gesteins sehr bedeutend vermindert. | III bis III-IV | 1) — 2) $\frac{Kd_3}{0,1(K)}$ 3) $W_1=5,54$ | — Sm I—II $W_2=5,84$ | |
| 54 | F. Kreiensen (Braunschweig) B. Brücke ††) A. 24 J. | Grau mit grünl. Pünktchen (Glaukonit); feinkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: tonig, kaum merklich silifiziert. Gestein v. mittlerer Festigkeit mit ziemlich reichl. Glaukonitkörnchen. | Zeigt vielf. grünl.-gelbe, verwitterte Stellen und ist auch im Innern schon sehr mürbe. | III-IV z. T. IV | 1a) 97,02 1b) — 2) K 3) $W_1=7,03$ | 1,49 44,88 — $W_2=7,59$ | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 4,45 23,81 Bz=3-5 $W_c=8,84$ | 2,63 14,07 Bm = 0,41-0,56 P = 19,14 | 1,49 7,97 4 d ₁ S ₂ = 80 | 0,68 3,64 P _{3; 5} $\gamma_2 = 0,75$ | 2,61 13,96 $\pi_{3; 5}$ V = 1,3 | 1,59 8,51 k _{x2} | Spur — 1 f ₁₋₂ | Spur — sg ₃ m ₃ | 18,69 — — | 0,21 — $\zeta_{r,w_2} = 37$ |
| $K \quad P_{3; 5} \quad Kd_{3; 5} \quad P_{3; 5}$ $0,9(1 - 0,23) + 0,1(3,1 - 0,26)$ $V \quad Q$ $+ 0,3 = 1,27 \text{ (I}_{27}\text{); r (I)}$ | | | | | | | | | |
| 4,30 40,14 Bz=2-6 $W_c = 12,58$ | 0,14 1,32 Bm = 0,2-0,4 (0,7) P = 24,94 | Spur — — S ₃ = 0,68 | 0,08 0,76 P ₆ — | 0,24 2,27 $\pi_{0; 6}$ — | — — k _{x2} | Spur — 2 ks; 4 ka | Spur 1,16 sg ₂ m ₁ | 10,58 — φ XXV d | Spur — $\zeta_{r,w_2} = c.43$ |
| $K \quad Kd_6 \quad \zeta_{r,w_2} \quad ks \quad Q$ $(0,8 \cdot 1,45 + 0,2 \cdot 6,5 + 0,35) \cdot 1,07 = 3,01 \text{ (III); r (II-III)}$ | | | | | | | | | |
| — — Bz=3-5 $W_c=8,08$ | — — Bm = 0,46-0,82 P = 17,52 | — — 4 d ₃ S ₂ = 0,74 | — — $\frac{P_4}{[p]}$ $\gamma_2 = 0,73$ | — — $\pi_{4; 5}$ | — — — | — — 4 f ₂ | — — sg ₁ m ₂ | 8,66 — φ XIX c | — — $\zeta_{r,w_2} = 37$ |
| $Kd_4 \quad p_4 \quad K \quad S\eta \quad Q$ $0,7(2,85 - 0,24) + 0,3 \cdot 0,82 + 0,9 = 2,97 \text{ (III); r (II-III)}$ | | | | | | | | | |
| — — Bz=4-7 $W_c=9,33$ | — — Bm = 0,45-0,96 P = 19,75 | — — 3 d ₁ S ₃ = 0,82 | — — $\frac{P_{3; xII}}{[p]}$ $\gamma_3 = 0,76$ | — — $\pi_{0; 5}$ | — — k _{x2} | — — 5 f ₃ | — — sg ₀ m ₂ | 5,72 — φ XIX d | — — $\zeta_{r,w_3} = 46$ |
| $Kd_3 \quad P_{3; xII} \quad K \quad S\eta \quad Q$ $0,9(2,3 - 0,39) + 0,1 \cdot 0,65 + 2,0 = 3,79 \text{ (IV); r (III)}$ | | | | | | | | | |
| 0,40 12,05 Bz=2-4 $W_c = 10,91$ | 0,43 12,95 Bm = 0,25-0,5(0,7) P = 22,42 | Spur — 2 d ₂₋₃ S ₃ = 0,71 | 0,34 10,24 P _{0; 5} $\gamma_3 = 0,8$ | 0,37 11,14 π_0 | — — — | ger. Spur — 3 gk | — — sg ₀ m ₀ | 3,32 — φ XXI d | 1,21 — $\zeta_{r,w_3} = 25$ |
| $K \quad Kd_5 \quad P_{0; 5} \quad \zeta_{r,w_3} \quad S\eta \quad Q$ $0,8 \cdot 1,2 + 0,2(3,9 - 0,09) + 0,1 + 2,73 = 4,6 \text{ (IV-V); r (III-IV)}$ | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 55 | F. An der Bahnstrecke Weißenfels-Neudietendorf B. Wegeunterführung A. 45 J. | Gelbgrau mit großen Rostflecken; grobkörn.; Qk _{x3-4} . Porenzement: schwach silifiziert. Undeutl. geschichtetes Gestein von kaum mittlerer Festigkeit. | Starke Abwitterung; gänzlich mürbe und zerbröckelnd, namentlich an den Pfeilern. | IV-V | 1 a) 1 b) 2) 3) | 96,58 — Kd ₅ 0,1(K) W ₁ =9,41 | 0,44 12,05 — W ₂ =9,58 |
| 56 | F. Bleichenbach (Hessen-Darmst.) B. Usa Viadukt Frankfurt a. M.) A. 44 J. | Hellrot mit braunen Schichtstreifen; feinkörn.; Qk _{x3-4} . Porenzement: schwach silifiziert. Vollkommen geschichtet. Ziemi. festes Gestein mit reichl. Feldspatkörnchen. | Vielf. starke Spuren von Verwitterung; Feldspatkörnch. zer- setzt; Festigkeit be- trächtlich vermindert. | II-III | 1) 2) 3) | — K [p] Kd ₃ W ₁ =5,87 | — Sm XII; XIII W ₂ =6,11 |
| 57 | F. Unbekannt B. Gewölbt. Durch- laß (Strecke Fried- berg-Hanau) A. 15 J. | Hellrot m. dunkelroten Schichtstreifen; feinkörn.; Qk _{x3-4} . Porenzement: teils kieselig, teils rein tonig. Ziemi. festes Gestein mit reichlichen Feldspatkörnchen. | Eine d. Deckplatten ist vollständig zer- fallen, auch im übri- gen ziemlich mürbe und z. T. klüftig, je- doch ohne erheb- l. Oberflächenverwitte- rung. | V z. T. VI | 1) 2) 3) | — K Kd ₅ W ₁ =5,11 | — Sm I-(II ₀) W ₂ =5,35 |
| 58 | F. Nebra (Prov. Sachsen) B. Saalebrücke (Strecke Weißen- fels-Zeitz) A. 47 J. | Hellgraugelb; sehr grob- und ungleichkörn.; grob- porig und kavernös; Qk _{x3-4} . Porenzement: sehr schwach silifiziert. Undeutlich geschichtet, von geringer Festigkeit. | Im allgemeinen ziem- lich beträchtl. Ab- witterung u. bereits sehr mürbe. Ein- zelne Steine zeigen Sprünge. | III-IV | 1 a) 1 b) 2) 3) | 94,75 — Kd ₄ 0,1K W ₁ =8,23 | 1,72 32,52 Sm I W ₂ =8,24 |
| 60 | F. Gerstungen (Hess.-Nassau) B. Wegeunterfüh- rung Kassel-Erfurt) A. 45 J. | Hellrot, weiß gefleckt; sehr feinkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: tonig, nicht merklich silifiziert. Sehr deutl. geschichtetes Ge- stein v. geringer Festig- keit, mit weißen Feld- spatkörnern. | Einzelne Steine be- reits vollständig zer- stört u. ausgewech- selt; die übrigen mürbe u. stark ab- gewittert. | IV-V z. T. V | 1) 2) 3) | — Kd ₄ W ₁ =4,92 | — Sm XIIb -(a) W ₂ =5,02 |
| 61 | F. Merseburg B. Durchlaß (Strecke Halle- Bebra) A. 48 J. | Weiß, ziemlich grob- körnig; die Poren mit Kaolin erfüllt; Qk _{x5} . Schichtung ziemi. voll- kommen. Gestein von mittlerer Festigkeit mit spärlichem Eisenkies. | Einzelne Steine be- reits vollständig ver- wittert; die übrigen sind oberflächl. ab- genagt u. z. T. sehr mürbe. | IV-V z. T. V | 1 a) 1 b) 2) 3) | 91,62 — K 0,2Kd ₆ W ₁ =7,17 | 2,97 36,53 Sm II ₀ Bi 2-3 W ₂ =7,74 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| 0,60 16,44 Bz=3-4 | 0,17 4,66 Bm = | 0,35 9,59 4 d ₃ | 0,46 12,60 P _{0;5} | 0,82 22,47 π _{0;5} | 0,39 10,68 k _{x1-3} | Spur — 1 f ₁₋₂ | — — sg ₁ m ₀ | 3,65 — φ XXXII | Spur — ζ ₁ w ₃ =c.28 |
| W _c = 14,53 | P = 27,64 | S ₂ = 0,85 | γ ₂ = 0,80 | Kd ₅ P _{0;5} K P _{0;5} ζ ₁ w ₂ Sγ Q 0,9(4-0,09)+0,1(1,4-0,09)-0,2+1,7 = 4,89 (V); r (IV-V) | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 10,75 | — |
| Bz=4-5 1-3 | Bm = 0,47-0,88 0,12-0,35 | 2-3 d ₂ 4 d ₃ | [p] P ₃ | π _{4;5;0} π _{4;5} | k _{x2} | 4 f ₁₋₂ | sg ₂ m ₃ | φ XIX d | ζ ₁ w ₃ = 39 |
| W _c = 8,26 | P = 17,78 | S ₃ = 0,82 | γ ₃ = 0,8 | K Kd ₃ P ₃ Sγ Q 0,5 · 0,82 + 0,5(2,75 - 0,39) + 1,9 = 3,5 (III-IV); r (II-III) | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 7,75 | — |
| Bz=4-6 | Bm = 0,64-0,90 | 3 d ₂ | [p] P ₅ | π _{0;5} | k _{x4} | 5 f ₃ | sg ₀ m ₁ | φ XIX c | ζ ₁ w ₂ = c.42 |
| W _c = 8,45 | P = 18,26 | S ₂ = 0,83 | γ ₂ = 0,5 | K Kd ₅ P ₅ ζ ₁ w ₂ Sγ Q 0,5 · 0,57 + 0,5(3,4 - 0,21) + 0,2 + 3,1 = 5,2 = (V ₂); r (IV-V) | | | | | |
| 1,35 25,53 Bz=3-5 | 0,23 4,35 Bm = | 0,50 9,45 3 d ₂ | 0,18 3,40 P _{0;4} | 0,55 10,40 π _{0;4} | — — k _{x4} | Spur — 2 f ₁₋₂ | — — sg ₀ m ₂ | 5,88 — φ (XVII) /XXVd | 2,16 — ζ ₁ w ₃ = 31 |
| W _c = 12,59 | P = 24,84 | S ₃ = 0,83 | γ ₃ = 0,75 | V = 0,7 | Kd ₄ P _{0;4} K P _{0;4} 0,9(3-0,13) + 0,1(1-0,12) Sγ Q + 1,8 = 4,5 (IV-V); r (III-IV) | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 10,39 | — |
| Bz=2-4 | Bm = 0,17-0,45 | 1 d ₂ | P ₅₋₆ | π ₅₋₆ | — | — | sg ₃ m ₃ | φ XIV d | ζ ₁ w ₂ = 20 |
| W _c = 6,67 | P = 15,04 | S ₂ = 0,82 | γ ₂ = 0,65 | Kd ₄ P ₅₋₆ Sγ ζ ₁ w ₂ Q 3,2 - 0,09 + 2 = 5,11 (V); r (IV-V) | | | | | |
| 2,95 36,29 Bz=3-6 | 0,10 1,23 Bm = | 0,37 4,55 — | 0,20 2,46 P ₆ | 0,23 2,83 π _{0;6} | 0,14 1,72 k _{x5} | Spur — 2 ks; 2 ka | Spur 1,14 sg ₂ m ₁ | 8,13 — φ XXIII c | 0,98 — ζ ₁ w ₂ = 24 |
| W _c = 12,53 | P = 24,91 | S ₂ = 0,75 | γ ₂ = 0,6 | K Kd ₆ ζ ₁ w ₂ Sγ ks Q (0,8 · 1,5 + 0,2 · 6,5 + 0,1 + 1,45) 1,06 = 4,3 (IV-V); r (IV) | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----|
| 62 | F. Stadoldendorf* (Braunschweig) B. Wegeunterführ. (Strecke Magdeburg-Leipzig) A. 1 J. | Graurot; sehr feinkörn.; Qk _{x6} . Porenzement: schwach silifiziert. Sehr dünn geschichtet und schiefrig, mit reichlichen Glimmerblättchen u. unächtlichen Knotenbild. auf den Schichtflächen. Festes Gestein. | Bereits merkliche Verwitterungserscheinungen. Die Knoten a. d. Schichtflächen zerfallen, wodurch auch an den Querflächen löcherige Defekte entstehen. An einzelnen Steinen salzartige Ausblühungen. | V? | 1 a) 69,89 1 b) 36,75 2) $\frac{Kd_3}{0,05(K)}$ 3) $W_1=2,95$ | 11,26 36,75 Sm VI—VII _{z3} $W_2=3,36$ | |
| 63 | F. Brüche an der Sauer *) (Rheinland) B. Pfeiler d. Brücke bei Wasserbillig A. Mehrere Jahr. | Grünlich-gelbgrau mit sehr kleinen bräunlichen Flecken; sehr feinkörnig; Qk _{x5} . Porenzement: kalkig. Deutlich geschichtetes festes Gestein. | Stark rostgelb; zieml. bedeutende glatte Abwitterung der Außenflächen u. beträchtliche Verminderung der Festigkeit des Gesteins. | I? | 1) — 2) $\frac{K}{0,05Kd_3}$ 3) $W_1=7,86$ | — Sm I—II Bi 1—3 $W_2=7,94$ | |
| 65 | F. Friedewald *) (Kreis Hersfeld, Sachs.) B. Tunnel (Strecke Kassel-Erfurt) A. 46 J. | Hellrot, weiß gefleckt; grobkörnig; Qk _{x5} . Porenzement: tonig, nicht silifiziert. Deutlich geschichtetes, festes Gest., mit sehr reichlichen, zersetzten Feldspatkörnchen und viel Eisenkies. | Wangenmauerwerk stark verwittert; wird alljährlich repariert. Auch die besser erhaltenen älteren Steine zeigen eine bedeutende Verwitterungsrinde und starke Festigkeitsverminderung. | IV z. T. V | 1) — 2) $\frac{Kd_5}{0,1(K)}$ 3) $W_1=1,98$ | — Sm I—(XIII) $W_2=2,05$ | |
| 66 | F. Nebra *) (Prov. Sachsen) [Obere Lage] B. Unstrutbrücke bei Roßleben A. 50 J. | Grauweiß, zieml. feinkörnig; Qk _{x3-4} . Zieml. festes, deutlich geschichtetes Gestein, mit spärlichen Feldspatkörnchen, Glimmerblättchen und zieml. reichl. Eisenkies. | Zum Teil stark abgewittert und zieml. mürbe. | III z. T. III-IV | 1) — 2) $\frac{Kd_{xII}}{0,1K}$ 3) $W_1=8,05$ | — Sm I—II ₀ Bi 2—3 $W_2=8,48$ | |
| 67 | F. Nebra *) (Prov. Sachsen) [Untere Lage] B. Unstrutbrücke bei Roßleben A. 50 J. | Ziegelrot; zieml. feinkörnig; Qk _{x3} . Gestein v. ähnlicher Beschaffenheit wie Nr. 66, aber weniger fest. | Stark abgewittert u. mürbe. | III-IV z. T. IV | 1 a) 95,75 1 b) 34,42 2) $\frac{Kd_{4-5}}{0,2(K)}$ 3) $W_1=9,40$ | 1,61 34,42 Sm I—(II ₀) $W_2=9,41$ | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779—780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------------------|
| 9,01 29,41 | 3,72 12,14 | 0,10 0,33 | 0,67 2,19 | 4,26 13,90 | — | Spur | — | 30,64 | 0,26 |
| Bz=2-4 Wc=4,13 | Bm = 0,30-0,45 P = 10,03 | 2 d ₁₋₃ S ₃ =0,84 | $\frac{P_5}{[p]}$ r ₃ =0,75 | — | V = 0,76 | s ₄ [gl] | sg ₃ m ₄ | φ VIII/VI cd | ζ, w ₂ = 43 |
| | | | | | | $\frac{Kd_3}{[0,95(2,65 - 0,17) + 0,05 \cdot 1,2]} \frac{K}{1,3} \frac{Sm VI - VII}{S\eta} 1,3 + 2$ $Q = 5,2 (V, 2); r (IV - V, 2)$ | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | k _{x5} | 11,94 | — |
| Bz=3-5 Wc = 12,41 | Bm = 0,32-0,60 P = 24,70 | 2 d ₂₋₃ S ₃ =0,78 | P ₀ ; 4 r ₃ = 0,85 | π ₄ | — | — | sg ₂ m ₃₋₄ | φ XVII d | ζ, w ₃ = 39 |
| | | | | | | $\frac{K}{0,95(1 - 0,12) + 0,05(2,5 - 0,13) + 0,9} = 1,85 (II); r (I)$ | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | i. % d. B. 2,05 | 9,27 | — |
| Bz=4-8 Wc=3,17 | Bm = 0,60-0,80 P = 7,73 | — S ₃ =0,72 | P ₆ r ₃ = 0,6 | π ₆ | k _{x4} V = 1,4 | 5 f ₄₋₅ ; 4 ks | sg ₁ m ₂ | φ XXIII d | ζ, w ₂ = 32 |
| | | | | | | $\frac{Kd_5}{[0,9 \cdot 3,6 + 0,1 \cdot 0,65 + 0,4 + 0,4]} \frac{K}{1,09} \frac{S\eta}{V} ks$ $Q = 4,48 (IV - V); r (IV)$ | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | i. % d. B. 1,7 | 3,55 | — |
| Bz=4-6 Wc = 12,90 | Bm = 0,60-0,83 P = 25,20 | — S ₃ =0,82 | P ₆ r ₃ = 0,8 | — | k _{x4} V = 1,3 F ₃ =0,84 | 2 f ₁₋₂ ; 3 gl; ks | sg ₂ m ₂ | φ XXI d | ζ, w ₃ = 36 |
| | | | | | | $\frac{Kd_{xII}}{[0,9 \cdot 1,75 + 0,1 \cdot 0,7 + 2 + 0,6]} \frac{K}{1,04} \frac{S\eta}{V} ks$ $Q = 4,4 (IV - V); r (III - IV)$ | | | |
| 1,52 32,49 | 0,24 5,13 | 0,13 2,78 | 0,09 1,92 | 0,57 12,19 | — | 0,008 Spur 0,17 | 2,07 | 4,67 | 0,58 |
| Bz=2-4 Wc = 13,73 | Bm = 0,29-0,50 P = 26,42 | 3 d ₂ S ₃ =0,8 | P ₆ r ₃ = 0,62 | — | k _{x3} V = 1,2 F ₃ =0,79 | 2 f ₁ ; 3 gl; ks | sg ₁ m ₂ | φ XIV/XV d | ζ, w ₃ = 26 |
| | | | | | | $\frac{Kd_{4-5}}{[0,8(3,5 - 0,2) + 0,2(1,3 - 1,08) + 1,6 + 0,7]} \frac{K}{1,06} \frac{S\eta}{V} ks$ $Q = 5,3 (V, 28); r (IV)$ | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 68 | F. Zwisch. Heddesheim u. Windesheim (Rheinl.)* B. Guldenbachbrücke d. Hunsrückbahn A. 5 J. | Dunkelkirschlor; ungleichmäßig feinkörnig; Qk _{x6} . Zwischenmasse rein tonig, nicht silifiziert, mit wenig Glimmer. Unoben geschichtetes, wenig festes Gestein. | Zum Teil gänzlich zerfallen und mit Moos bewachsen. | VII | 1 a) 56,94 1 b) — 2) Kd ₃ (K) 3) W ₁ =3,38 | 14,76 33,70 Sm VIII ₂₆ W ₂ =3,51 | |

Nr. 69 bis 90: Gesteine der unteren Kreide-

| | | | | | | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--|
| 69 | F. Obernkirchen u. Porta (H.-Nassau bezw. Westf.) B. Weser-Torgebäude an der Brücke zu Minden †) A. 500 bis 900 J. | Weiß m. schwach gelb. Schichtstreifen; sehr feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: sehr stark silifiziert. Ziemlich deutlich geschichtetes, mittel-festes Gestein. | Bis auf geringfügige Oberflächenverwitterung gut erhalten. Anm.: Das Baumaterial ist fester als das eingelief. frische Bruchgestein. | IB z. T. IB bis IC | 1 a) 88,34 1 b) — 2) K 3) W ₁ =5,72 | 4,74 41,69 — W ₂ =6,35 | |
| 70 | F. Bückeberge bei Obernkirchen*) (Hess.-Nassau) B. Luth. Kirche zu Obernkirchen A. ca. 500 J. | Hellgrau bis gelblichweiß mit Rostflecken; sehr feinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: sehr stark silifiziert. Sehr festes, uneben geschichtetes Gestein. Anm.: Feinkörniger u. weniger porös als das Baumaterial. | Rostbraune, aber äußerst feste Verwitterungsrinde; auch ist das Gestein im Innern noch vollständig fest. | IC bis I | 1 a) 90,47 1 b) — 2) K 3) W ₁ =4,45 | 3,22 31,52 Sm I W ₂ =4,84 | |
| 71 | F. Bentheim (Hannover) B. Kath. Kirche zu Emsbüren †) A. 800 J. | Gelb; feinkörnig; die Poren reichlich mit pulverulentem Eisenocker überzogen; Qk _{x3-4} . Porenzement: schwach silifiziert. Das eingelieferte Bruchgestein ist beträchtl. weicher als das Baumaterial und auch von anderem Typus. | Die feste, etwas narbige Verwitterungsrinde zeigt eine starke Anreicherung v. Eisenoxydhydrat; im Innern nicht sehr beträchtliche Festigkeitsverminderung. | IC bis I | 1 a) 96,90 1 b) — 2) K 3) 0,1(Kd ₂) W ₁ =3,64 | 1,00 32,26 — W ₂ =3,86 | |
| 72 | F. Bei Goslar*) B. Ruined. Georgenberg-Klosters A. 760 J. | Gelb mit dunkleren Schichtstreifen; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: mäßig silifiziert. Anm.: Die verschiedenen Lagen d. Bruches enthalten mehr oder weniger reichlich Glaukonit und sind auch von ungleicher Festigkeit. | Die Oberfläche zeigt starke höhlige bis 1 cm tiefe Ausnagungen. Gestein im Innern ziemlich fest. Glaukonit z. T. ausgewittert. | I | 1 a) 97,31 1 b) — 2) K 3) 0,1(KdxII) W ₁ =5,91 | 1,51 56,77 — W ₂ =6,31 | |
| 73 | F. Bei Goslar*) B. Brücke des Georgenberg-Klosters A. 760 J. | Graugelb; mittelkörn.; Qk _{x3-4} . Porenzement: stark silifiziert. Wenig festes Gestein mit sehr reichlichen Glaukonitkörnchen. | Die Oberfläche zeigt sehr starke, höhlige Ausnagungen. Gestein im Innern sehr mürbe. | IC bis I | 1 a) 95,06 1 b) — 2) K 3) 0,2(KdxII) W ₁ =5,69 | 2,01 42,67 — W ₂ =5,82 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|----------------------|-----------|----------------------|-------------------|-------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|
| 12,64 | 4,25 | 2,34 | 0,26 | 4,84 | 1,82 | Spur | Spur | 43,80 | Spur |
| 28,86 | 9,70 | 5,34 | 0,59 | 11,05 | 4,16 | — | — | — | — |
| — | — | — | $\frac{P_3}{[p]}$ | — | — | 2 gl | sg ₄ m ₁₋₃ | φ IX/XI d | $\zeta_r w_3 = 7$ |
| W _c =4,22 | P = 10,35 | S ₃ =0,96 | $\gamma_3 = 0,48$ | — | — | Sm z ₆ $\zeta_r w_3$ S γ Q 7 - 1,0 + 7,7 = 7,7 (VII, τ); r (VI, τ) | | | |

formation (Neocom mit Wealden und Gault)

| | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------|----------------------|----------------------|------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------|
| 4,54 | 0,18 | Spur | | 0,39 | — | Spur | — | 11,37 | 1,76 |
| 39,93 | 1,58 | — | — | 3,43 | — | — | — | — | — |
| Bz=4-6 | Bm = 0,70-1,00 | 1 d ₁ | [p]p ₃ | $\pi_7; 0$ | k _{x3} | — | sg ₁ m ₀ | φ XVI d | $\zeta_r w_1 = 72$ |
| W _c = 11,45 | P = 23,26 | S ₁ =0,56 | $\gamma_1 = 0,8$ | — | — | K p ₃ $\zeta_r w_1$ Q 0,45 - 0,10 + 0,19 = 0,54 (I B) | | | |
| 3,76 | 0,63 | Spur | 0,34 | 0,94 | — | 0,004 | — | 10,21 | 0,69 |
| 36,81 | 6,17 | — | 3,33 | 9,20 | — | 0,04 | — | — | — |
| Bz=3-6 | Bm = 0,44-0,85 | 1 d ₁ | [p] | $\pi_7; 4$ | k _{x3} | 1 f ₁ ; 2 o | sg ₁ m ₁ | φ XXI/XXIV d | $\zeta_r w_1 = 68$ |
| W _c =8,12 | P = 17,60 | S ₁ =0,60 | $\gamma_1 = 0,81$ | — | — | K V Q 0,68 + 0,2 = 0,88 (IC-I) | | | |
| 1,03 | 0,32 | 0,16 | | 0,17 | — | — | — | 3,09 | 0,65 |
| 33,33 | 10,36 | 5,18 | | 5,50 | — | — | — | — | — |
| Bz=4-5 | Bm = 0,55-0,60 | 2 d ₁ | p ₃ ; 0 | π_0 | k _{x4} | 4 ok | sg ₁ m ₁ | — | $\zeta_r w_1 = 67$ |
| W _c =7,37 | P = 14,14 | S ₁ =0,52 | $\gamma_1 = 0,93$ | — | — | K Kd ₂ $\zeta_r w_1$ Q 0,9 · 1 + 0,1 · 2 - 0,17 = 0,93 (IC-I) | | | |
| 0,28 | 0,34 | — | — | 0,27 | — | — | — | 2,66 | Spur |
| 10,53 | 12,78 | — | — | 10,15 | — | — | — | — | — |
| Bz=4-6 | Bm = 0,45-0,75 | 1 d ₁ | p _{xII} ; 6 | $\pi_7; 6$ | k _{x4} | 3 gk | sg ₀ m ₀ | φ XXIV d | $\zeta_r w_1 = 39$ |
| W _c = 10,42 | P = 21,62 | S ₁ =0,61 | $\gamma_1 = 0,79$ | — | — | K KdxII $\zeta_r w_1$ 0,9(1,1 - 0,2) + 0,1(1,8 - 0,25) + 0,1 = 1,07 (I) | | | |
| 0,79 | 0,88 | 0,12 | | 0,51 | — | — | — | 4,71 | Spur |
| 16,78 | 18,68 | 2,54 | | 10,84 | — | — | — | — | — |
| Bz=4-5 | Bm = 0,34-0,54 | 3 d ₂ | p _{xII} ; 3 | $\pi_7; 3$ | k _{x4} | 5 gk | sg ₁ m ₀ | φ XIX d | $\zeta_r w_3 = 29$ |
| W _c = 10,36 | P = 21,57 | S ₃ =0,72 | $\gamma_3 = 0,8$ | — | — | K KdxII S γ Q 0,8(1,3 - 0,4) + 0,2(2,3 - 0,44) + 0,45 = 1,54 (I-II); r (IC-I) | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 74 | F. Barsinghausen am Deister *) (Hannover) B. Schloß A. 231 J. | Hellgelb; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Gestein von mittlerer Festigkeit. | Schwache, glatte Verwitterungsrinde. Gestein im Innern noch ziemlich fest. | I-II | 1) 2) 3) | — K 0,2(Kd _{2-a}) W ₁ =5,88 | — — W ₂ =6,08 |
| 76 | F. Frankenstein (Schlesien) B. Schloßruine Frankenstein †) A. 390 J. | Gelb; feinkörnig bis kleinkörnig; porös mit reichlichem Eisenocker in den Poren; Qk _{x3-4} . Porenzement: nicht merklich silifiziert. Deutlich geschichtetes, wenig festes Gestein mit reichlichen, zersetzten Feldspatkörnchen. | An dem Material des oberen Teils der Ruine starke Abwitterung; auch ist das Gestein mürbe. | II bis II-III | 1a) 1b) 2) 3) | 89,14 — Kd _{xII} 0,3(K) W ₁ =6,21 | 4,15 38,68 Sm I-(II) W ₂ =6,68 |
| 77 | F. Altenhagen (Hannover) B. Residenz-Schloß zu Hannover †) A. 231 J. | Weiß; kleinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: nicht merklich silifiziert. Wenig festes Gestein. | Das Gestein zeigt zwar nur eine schwache, glatte Verwitterungsrinde, hat aber im Innern eine ziemlich beträchtl. Festigkeitsverminderung erfahren. | I-II bis II | 1a) 1b) 2) 3) | 97,59 — K W ₁ =5,62 | 1,03 41,53 Sm II ₀ Bi 1-2 W ₂ =5,63 |
| 79 | F. Lutter a. Barenberge (Braunschweig) B. Überführung a. Bahnhof Hainholz ††) (Hannover) A. 30 J. | Graugelb mit grünlichgelben glaukonitischen Streifen; klein- bis feinkörnig; Qk _{x4} . Porenzement: nicht erheblich silifiziert. Deutlich geschichtetes Gestein von mittlerer Festigkeit; die glaukonitischen Streifen ziemlich mürbe. | Sehr verwittert. Die grünlichen Streifen in 2 bis 3 1/2 cm tiefen Rinnen ausgewaschen. Gestein sehr mürbe. | VI | 1a) 1b) 2) 3) | 93,95 K K Kd ₄ W ₁ =9,10 | 2,35 38,27 Sm II ₀ Bi 1-2 W ₂ =9,90 |
| 82 | F. Elze *) (Hannover) B. Schleuse zu Neustadt a. R. A. 390 J. | Hellgrau m. schwachen Roststreifen; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: wenig silifiziert. Ziemlich deutlich geschichtetes, festes Gestein. | Unbedeutende Verwitterungsrinde, teils glatt, teils höckerig. In letzterem Falle ist die Festigkeit des Gesteins erhebl. vermindert. | IC bis I | 1a) 1b) 2) 3) | 94,82 — K W ₁ =4,50 | 2,07 37,50 Sm I W ₂ =4,70 |
| 83 | F. Cattenbühl bei Münden (Hannover) *) B. Bremerschlagd an der Werra bei Münden A. 100 J. | Grobkörniger, sehr fester Kieselstein m. wenig Kaolin und vereinzelt zersetzten Feldspatkörnchen. | Das Material hat sich bisher gut gehalten. | IA? | 1) 2) 3) | — K W ₁ =1,69 | — — W ₂ =1,92 |

Wegen d. geringen Alters d. B. nicht sicher bestimmbar

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|------------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | — | 7,87 | — |
| Bz=4-6 | Bm = 0,25-0,70 | 4 d ₃ | P _{0; s} | π _{0; s} | k _{x4} | — | sg ₀ m ₀ | φ XXIV d | ζ _r w ₁ =27 |
| W _c = 10,03 | P = 21,03 | S ₁ =0,61 | γ ₁ =0,8 | K P _{0; s} Kd ₂₋₃ P _{0; s} ζ _r w ₁ Q 0,8 (1,05 - 0,15) + 0,2 (2,25 - 0,2) + 0,35 = 1,48 (I-II) | | | | | |
| 2,87 | 1,48 | Spur | 0,12 | 1,00 | — | Spur | — | 10,73 | 0,37 |
| 26,75 | 13,79 | — | 1,12 | 9,32 | — | — | — | — | — |
| Bz=2-5 | Bm = 0,26-0,47 | 2 d ₁ | p _{xII; 5} | π _{xII; 5} | k _{x4} | 4 f _{3; ok} | sg ₈ m ₁ | φ XXI d | ζ _r w ₁ =38 |
| W _c = 9,46 | P = 19,38 | S ₁ =0,71 | γ ₁ =0,8 | V=1,5 | Kd _{xII} K 0,7 (2,3 - 0,3) + 0,3 (1,4 - 0,4) + ζ _r w ₁ V Q 0,12 + 0,5 = 2,32 (II ₃₂) | | | | |
| 0,85 | 0,03 | — | 0,13 | 0,14 | — | Spur | — | 2,48 | 0,40 |
| 34,27 | 1,21 | — | 5,24 | 5,65 | — | — | — | — | — |
| Bz=3-5 | Bm = 0,27-0,50 | — | P _{0; s} | π _{0; s} | k _{x4} | — | sg ₀ m ₁ | φ XXXI | ζ _r w ₁ =38 |
| W _c = 9,30 | P = 19,77 | S ₁ =0,61 | γ ₁ =0,71 | K ζ _r w ₁ Q 1,3 + 0,35 = 1,65 ((I-II)-II) | | | | | |
| 0,98 | 1,22 | — | 0,31 | 0,71 | — | ger. Spur | — | 6,14 | 0,16 |
| 15,96 | 19,87 | — | 5,05 | 11,57 | — | — | — | — | — |
| Bz=2-4 3-5 | Bm = 0,30-0,36 | 2 d ₂₋₃ | — | — | — | — | — | — | — |
| W _c = 11,62 | P = 20,1 | S ₂ =0,78 0,84 | γ ₂ =0,75 0,52 | K P _s ζ _r w ₂ S _γ Q 1,2 - 0,18 + 0,4 + 1,3 = 2,72 (II-III †); r (II †) Kd ₄ p ₀ ζ _r w ₂ S _γ Q 3,3 - 0,2 + 0,8 + 3,5 = 7,4 (VII-VIII); r (VII) | | | | | |
| 2,15 | 0,10 | 0,04 | 0,03 | 0,39 | — | — | — | 5,52 | 0,36 |
| 38,95 | 1,81 | 0,72 | 0,54 | 7,07 | — | — | — | — | — |
| Bz=4-6 | Bm = 0,50-0,81 | — | [P] P ₀ | π ₀ | k _{x4} | — | sg ₀ m ₃ | φ XIX/XX | ζ _r w ₃ =c.34 |
| W _c = 9,46 | P = 20,05 | S ₃ =0,73 | γ ₃ =0,78 | — | F ₃ =0,8 | K ζ _r w ₃ S _γ Q 0,7 + 0,2 + 0,7 = 1,6 (I-II); r (IC-I) | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 6,47 | — |
| Bz=4-7 | Bm = 0,4-0,80 | — | [P] P _{0; γ} | π _{xI} | — | 2 f _{2; ka} | sg ₁ m ₁ | φ XXIII b-c | ζ _r w ₃ =112 |
| W _c = 3,68 | P = 8,81 | S ₃ =0,57 | γ ₃ =0,89 | K P _{0; γ} Q 0,97 - 0,2 = 0,77 (I C); r (I A) | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 84 | F. Röhburg (Hannover) B. Schleuse A. 390 J. | Hellgrau, m. schwachen Roststreifen; Qk _{x5} . Sehr feinkörniges, festes Gestein. | Teils unbedeutende glatte, teils stärkere höckerige Verwitterungsrinde mit mehr oder weniger bedeutender Verminderung der Festigkeit des Gesteins. | IB bis IC | 1) — 2) K 3) W ₁ =5,15 W ₂ =5,51 | — K W ₁ =5,15 W ₂ =5,51 | — Sm II— III _{z-x1} |
| 85 | F. Bevergern (Westfalen) [Obere Lage] B. Emswehr; Rheine (Kreis Steinfurt) A. ca. 320 J. | Gelblich-weiß mit unregelmäßigen, schichtigen Roststreifen; klein- bis feinporig; Qk _{x3-4} . Porenzement: nicht merklich silifiziert. Deutlich geschichtetes Gestein v. geringer Festigkeit. | Starke, höckerige Verwitterungsrinde. Gestein sehr mürbe. Einzelne Quadern, über deren Herkunft Angab. fehlen, durch Frost zersprengt. | I bis I-II z. T. II-III | 1a) 95,73 1,76 1b) — 45,24 2) K Sm II ₀ Bi 1-2(3) 3) W ₁ =6,58 W ₂ =6,59 | — K W ₁ =6,58 W ₂ =6,59 | — Sm II ₀ Bi 1-2(3) |
| 86 | F. Bevergern (Westfalen) [Untere Lage] Anm.: Zu dem Emswehr b. Rheine ist sowohl Sandstein von Bevergern als auch solcher von Hörstel verwend. worden. | Ockergelb; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: nicht merklich silifiziert. Undeutlich geschichtetes Gestein von geringer Festigkeit. | s. Nr. 85. | — | 1a) 95,31 1,62 1b) — 36,00 2) K Sm II ₀ Bi 1-2(3) 3) W ₁ =5,90 W ₂ =6,60 | — K W ₁ =5,90 W ₂ =6,60 | — Sm II ₀ Bi 1-2(3) |
| 87 | F. Hörstel (Westfalen) [Obere Lage] B. Emswehr; Rheine (Kreis Steinfurt) A. ca. 320 J. | Graugelb; mittelkörnig; Qk _{x1-2} . Kieselig, ziemlich festes Gestein, mit reichlichem, tonigen Eisenocker in den Poren. | s. Nr. 85. | I bis I-II | 1a) 89,01 4,00 1b) — 37,45 2) K Sm II ₂₃ Bi 1-3 3) W ₁ =4,02 W ₂ =4,32 | — K W ₁ =4,02 W ₂ =4,32 | — Sm II ₂₃ Bi 1-3 |
| 88 | F. Hörstel (Westfalen) [Untere Lage] | Rostgelbes, festes, kieseliges Gestein, mit reichlichem, tonigem Eisenocker in den Poren; Qk _{x1-2} . | s. Nr. 85. | — | 1) — 2) K 3) W ₁ =4,22 W ₂ =4,73 | — K W ₁ =4,22 W ₂ =4,73 | — — — |
| 89 | F. Auf der Klus bei Nenndorf (Deister, Hannover) B. Brücke über die Südaue (Strecke Wunstorf-Löhne i.W.) A. 45 J. | Grau, sehr feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: ziemlich schwach silifiziert. Ziemlich festes Gestein. | Größere Abblätterungen in der Höhe des Wasserstandes. | IV-V bis V | 1a) 87,57 3,72 1b) — 30,97 2) K Sm I-(II) Bi 1-3 3) W ₁ =6,53 W ₂ =6,65 | — K W ₁ =6,53 W ₂ =6,65 | — Sm I-(II) Bi 1-3 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | — | 8,61 | — |
| Bz=4-5 | Bm = 0,60-0,75 | — | [p] p _{x1} ; 4 | π ₀ ; x1; 4 | k _{x5} | — | sg ₁ m ₂ | φ XVII c | ζ _r w ₃ = 52 |
| W _c = 9,49 | P = 19,42 | S ₃ = 0,74 | γ ₃ = 0,7 | K p _γ ; 0 ζ _r w ₃ S _γ Q 0,7 - 0,22 + 0,16 + 0,62 = 1,26 (I ₂₀); r (IB-I C) | | | | | |
| 0,87 | 0,43 | 0,09 | | 0,37 | — | — | — | 3,89 | Spur |
| 22,37 | 11,06 | 2,31 | | 9,51 | — | — | — | — | — |
| Bz=4-5 | Bm = 0,40-0,50 | 1 d ₂ | p ₀ ; 5 | π ₀ | k _{x4} | — | sg ₃ m ₁ | φ XXV b/c | ζ _r w ₃ = 19 |
| W _c = 10,54 | P = 21,85 | S ₃ = 0,77 | γ ₃ = 0,72 | K p ₀ ; 5 ζ _r w ₃ S _γ Q 1,0 - 0,1 + 0,4 + 1,5 = 2,8 (II-III: III); r (I-II: II) | | | | | |
| 1,34 | 0,79 | 0,06 | | 0,24 | — | — | — | 4,50 | Spur |
| 29,78 | 17,56 | 1,33 | | 5,33 | — | — | — | — | — |
| Bz=2-4 | Bm = 0,25-0,52 | 1 d ₂ | p ₀ ; 5 | π ₀ | — | — | sg ₂ m ₁ | φ XXIV d | ζ _r w ₃ = 18 |
| W _c = 10,85 | P = 22,38 | S ₃ = 0,73 | γ ₃ = 0,83 | K p ₀ ; 5 ζ _r w ₃ S _γ Q 1,4 - 0,09 + 0,4 + 0,55 = 2,26 (II: II-III); r (I: I-II) | | | | | |
| 4,27 | 0,43 | 0,06 | | 0,72 | — | — | — | 10,68 | 0,09 |
| 39,98 | 4,03 | 0,56 | | 6,74 | — | — | — | — | — |
| Bz=2-5 | Bm = 0,40-0,78 | 1 d ₁ | [p] p ₅ | π _γ ; 4 | — | — | sg ₁ m ₁ | φ XXIII c | ζ _r w ₃ = c.42 |
| W _c = 6,48 | P = 14,65 | S ₃ = 0,76 | γ ₃ = 0,75 | K p ₅ S _γ Q 0,85 - 0,13 + 1,1 = 1,94 (II); r (I) | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 15,26 | — |
| Bz=2-5 | Bm = 0,42-0,75 | 1 d ₁ | [p] p ₅ | π _γ ; 4 | — | — | sg ₃ m ₀ | φ XIX b/c | ζ _r w ₃ = c.54 |
| W _c = 7,47 | P = 16,58 | S ₃ = 0,73 | γ ₃ = 0,77 | K p ₅ S _γ Q 0,85 - 0,13 + 0,7 = 1,44 (I-II); r (IC-I) | | | | | |
| 3,68 | 0,32 | 0,78 | Spur | 0,45 | 0,06 | 0,80 | Spur | 12,01 | 13,74 |
| 30,64 | 2,66 | 6,50 | — | 3,75 | 0,50 | 18,32 | — | — | — |
| Bz=4-6 | Bm = 0,66-0,69 | 2 d ₁₋₃ | p ₀ ; 5 | π ₀ ; 5 | k _{x4} | 1 f ₁ | sg ₂ m ₃ | φ XIX c | ζ _r w ₃ = 40 |
| W _c = 10,11 | P = 20,95 | S ₃ = 0,87 | γ ₃ = 0,80 | — | F ₃ = 0,71 | K p ₀ ; 5 ζ _r w ₃ S _γ Q 0,75 - 0,05 + 0,15 + 4,75 = 5,5 (V-VI); r (IV-V) | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------------------------|
| 90 | F. Am Harri bei Bückeberg *) B. Brücke über die Aue (Strecke Wunstorf-Löhne i.W.) A. 48 J. | Aschgrau, stellenweise rostfleckig; sehr feinkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Deutlich geschichtetes, festes Gestein. | Mehr oder weniger starke Abblätterungen in Höhe des Wasserstandes. Verwitterungsrinde unbedeutend. Gestein im Innern fest. | II-III bis III | 1) 2) 3) | — K W ₁ =5,52 | — Sm I-II Bi 1-3 W ₂ =6,02 |

Nr. 91 bis 129: Gesteine der oberen

| | | | | | | | |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 91 | F. Teutoburg.Wald (Westfalen) *) B. Dom zu Paderborn A. 1200 bis 1300 J. | Rötl.-weiß m. schwachen Rostflecken; fein- bis feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: stark silifiziert. Festes Gestein. | Namentlich an den Gesimsen, aber auch am aufsteig. Mauerwerk der Wetterseite mehr oder weniger starke Verwitterungsrinde. Gesimsenstein sehr mürbe, im übrigen noch ziemlich fest. | IB bis IC | 1) 2) 3) | — K W ₁ =4,72 | — — W ₂ =4,99 |
| 92 | F. Wünschelburg (Schlesien) B. Kath. Kirche zu Glatz †) A. ca. 400 J. | Gelb mit Roststreifen; zieml. feinkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: nicht silifiziert. Festes Gestein m. spärlichen Feldspatkörnchen. | Starke, unebene Verwitterungsrinde. Feldspatkörnchen zerfällt. Gestein im Innern noch ziemlich fest. | I-II bis II | 1a) 1b) 2) 3) | 90,89 — K W ₁ =5,43 | 3,42 40,00 — W ₂ =5,98 |
| 94 | F. Hockenauer Brüche b. Goldberg (Schlesien) B. Kath. Kirche zu Schweidnitz †) A. 500 J. | Weiß; grobkörnig mit reichlichem Kaolin in den Poren; Qk _{x6} . Ziemlich festes, poröses Gestein. | Starke Verwitterungsrinde; beträchtliche Festigkeitsverminderung i. Innern. | (I-II) bis II | 1a) 1b) 2) 3) | 92,48 34,42 K W ₁ =5,05 | 2,11 28,59 — W ₂ =5,17 |
| 95 | F. Frisches Bruchmaterial von Hockenau *) | Weiß; grobkörnig mit reichlichem Kaolin in den Poren; Qk _{x5} . Festes, poröses Gestein. | — | — | 1a) 1b) 2) 3) | 93,47 — K W ₁ =7,75 | 2,30 35,22 — W ₂ =8,03 |
| 96 | F. Aufgelass.Bruch bei Grüssau (Kr. Landeshut) B. Durchlaß der Eisenbahnstr. Jannowitz-Merzdorf A. 28 J. | Weiß; klein- bis grobkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: mäßig silifiziert. Deutlich geschichtetes, wenig festes Gestein. | Verwitterungsrinde gering; Gestein aber bereits sehr mürbe. | IV-V | 1a) 1b) 2) 3) | 79,35 — Kd ₃ W ₁ =2,48 | 8,90 42,60 Sm II-III _{z6} Bi 1-4 W ₂ =2,65 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779—780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|----------------------|----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|--------------------------------|--------------|-------------------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | — | 14,62 | — |
| Bz=4-6 | Bm = 0,60-0,80 | — | Po:4 | π ₄ ; xII | — | 3 cc | sg ₂ m ₃ | φ XVII/XIX c | ζ _r w ₃ =c.52 |
| W _c =9,21 | P = 19,51 | S ₃ =0,82 | η ₃ = 0,67 | K Po:4 Kd ₄ Po:4 ζ _r w ₃ S ₇ Q (III-IV); 0,7-0,1 + 0,2(2,75-0,12)-0,15 + 2,7 = 3,68 r (II-III) | | | | | |

Kreide-Formation (Quadersandstein)

| | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|----------------------------------|---------------|------------------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | — | 3,78 | — |
| Bz=3-5 | Bm = 0,4-0,87 | — | Po:5 | π ₀ :5 | k _{x4} | e ₂ [o | sg ₀ m ₀ | φ XVIIb/c | ζ _r w ₁ = 91 |
| W _c =9,61 | P = 20,30 | S ₁ =0,52 | η ₁ = 0,79 | K Po:5 ζ _r w ₁ Q 1,07 - 0,06 - 0,3 = 0,71 (I B-I C) | | | | | |
| 1,95 22,81 | 0,33 3,86 | 0,23 2,69 | 0,13 1,52 | 0,99 11,58 | 0,05 0,59 | Spur 16,96 | Spur — | 8,55 — | 10,18 — |
| Bz=2-5 | Bm = 0,35-0,65 | 3 d ₂ | Po:5 | π ₀ :5 | — | 2 f ₁₋₂ | sg ₁ m ₀ | φ (XIX, VI) d | ζ _r w ₁ = 33 |
| W _c =8,62 | P = 18,45 | S ₁ = 0,69 | η ₁ = 0,82 | K Po:5 ζ _r w ₁ S ₇ Q 1,25 - 0,08 + 0,18 + 0,4 = 1,75 (I-II: II) | | | | | |
| 2,54 34,42 | 0,16 2,17 | 0,28 3,80 | 0,50 6,78 | — | — | Spur — | — | 7,38 — | 14,36 — |
| Bz=3-6 | Bm = 0,44-0,65 | 1 d ₁ | Po:6 | π ₀ :6 | — | 2-3 cc | sg ₀ m ₀ | φ XXIV c/d | ζ _r w ₁ = 36 |
| W _c =9,47 | P = 19,60 | S ₁ = 0,55 | η ₁ = 0,87 | K Kd ζ _r w ₁ Q 1,0 + 0,2 · 3,0 + 0,15 = 1,75 (I-II: II) | | | | | |
| 2,57 39,36 | 0,12 1,84 | 0,08 1,22 | 0,03 0,46 | 0,49 7,50 | P ₂ O ₅ Spur | Spur — | Spur — | 6,53 — | 0,28 — |
| Bz=4-6 | Bm = 0,4-0,6 | — | Po:6 | π ₀ :6 | — | 2-3cc; 4 ka | sg ₀ m ₀ | φ XXV c | ζ _r w ₁ = 41 |
| W _c = 13,42 | P = 26,17 | S ₁ = 0,60 | η ₁ = 0,88 | K Q 1,2 = 1,2 (I, 2) | | | | | |
| 8,02 38,39 | 0,14 0,67 | — — | — — | 0,57 2,73 | — | Spur — | ger. Spur — | 20,89 — | 0,14 — |
| Bz=2-4 | Bm = 0,20-0,62 | 1 d ₁ | P ₃ :6 | — | — | — | sg ₁ m ₂₋₃ | φ XX/VI d | ζ _r w ₂ = 26 |
| W _c =3,01 | P = 6,77 | S ₂ =0,88 | η ₂ = 0,8 | Kd ₃ P ₃ :6 K Sm II-III _{z6} S ₇ Q [0,6(1,8-0,19) + 0,4(1,2-0,15)] 1,15 + 3,4 = 5 (V); r (IV-V) | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|
| 97 | F. Langenau bei Mittelwalde *) (Schlesien) B. Tunnel d. Eisenbahnstr. Breslau-Mittelwalde A. 20 J. | Gelbgrau, z.T. stark rostfleckig; unregelm. klein- bis grobkörnig; Poren m. Kaolin erfüllt; Qk _{x3-4} . Undeutl. geschichtetes, ziemlich festes Gestein. | Stark höcker. Verwitterungsrinde, z.T. rostfarbig. Kaolin ausgewaschen. Namhafte Verminderung der Festigkeit. Die Verwitterung d. Gesteins ist durch mangelhafte Entwässerung des Gewölbes beträchtl. vermehrt worden. | IV-V | 1) — 2) $\frac{K}{0,3 Kd_3}$ 3) W ₁ = 3,42 | — — W ₂ = 4,43 | Sm I-II |
| 98 | F. Bergkette b. Ravensberg (Westfalen) B. Ruine b. Ravensberg (Cleve) A. ca. 500 J. | Rostgelb; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: ockerig, aber zieml. stark silifiziert. Festes Gestein. | Stark höcker. Verwitterungsrinde; Gestein im Innern aber noch ziemlich fest. | I-II | 1a) 91,00 1b) — 2) $\frac{Kd_4}{0,4(K)}$ 3) W ₁ = 6,83 | 2,37 25,82 — W ₂ = 6,95 | |
| 99 | F. Lünern (Haarstrang) (Westfalen) B. Gr. ev. Kirche zu Hamm †) A. 600 J. | Grün; sehr feinkörnig, mit überaus reichl. Glaukonitkörnchen, welche in einzelnen Lagen vorherrschen; Qk _{x6} . Porenzement: kalkig-glaukonitisch. Deutlich geschichteter, fester Glaukonitstein. | Starke, aber glatte Abwitterung. Festigkeit des Gesteins beträchtl. vermindert. | I-II | 1) — 2) $\frac{Kd}{Kb} gk, cc$ 3) W ₁ = 3,24 | — — W ₂ = 3,75 | Sm XIII |
| 100 | F. Postelwitz an d. Elbe (Sachsen)* B. Dom zu Magdeburg A. 375 bis 680 J. Vor 65 J. umfassender Reparaturbau und seither weitere Ausbesserung. | Weiß mit schwachen Rostflecken; unregelmäßig klein- bis grobkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: schwach silifiziert. Gestein von zieml. beträchtlicher Festigkeit. Anm.: Das Bauwerk enthält überdies Material aus den Brüchen von Bernburg, Seehausen, Walbeck und Groß-Salze. | Mehr oder weniger starke äußere Verwitterung. Gestein im Innern ziemlich mürbe. | I-II | 1a) 97,65 1b) — 2) $\frac{K}{0,2(Kd_5)}$ 3) W ₁ = 8,02 | 0,99 44,39 — W ₂ = 8,04 | Sm I-(II) |
| 101 | F. Soest (Westfalen) B. St. Patrocli-Kirche A. 800 bis 900 J. | Lauchgrün mit rotbr. Körnchen; ziemlich feinkörnig mit reichlichem Glaukonit; Qk _{x6} . Porenzement: kalkig-glaukonitisch. Sehr fest. Gestein. | Mehr oder weniger verwittert u. vielfach rissig. | I-II bis II | 1a) 35,25 1b) — 2) Kbgk; cc 3) W ₁ = 4,13 | 9,48 14,84 — W ₂ = 4,68 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | — | 7,88 | — |
| Bz=3-6 | Bm = 0,32-0,61 | — | [p] P _{0;6} | π _{0;6} | k _{x4} | e ₄ [0; 2k | sg ₁ m ₁ | φ XX d | ζ _r w ₂ = 46 |
| W _c =5,21 | P = 12,18 | S ₂ =0,85 | γ ₂ = 0,75 | — | K Kd ₃ S _γ Q 0,7 · 1 + 0,3 · 2,5 + 3,4 = 4,85 (V); r (IV-V) | | | | |
| 2,24 | 2,68 | 0,10 | 0,23 | 0,41 | — | ger. Spur | — | 9,18 | 0,08 |
| 24,40 | 29,19 | 1,09 | 2,50 | 4,47 | — | — | — | — | — |
| Bz=3-5 | Bm = 0,40-0,68 | — | P _{4-6;0} | π _{4-6;0} | k _{x4} | 3 ok | sg ₀ m ₀ | φ XXIV d | ζ _r w ₁ = 62 |
| W _c = 10,22 | P = 21,45 | S ₁ = 0,68 | γ ₁ = 0,86 | — | Kd ₄ P _{0;4-6} K P _{0;4-6} ζ _r w ₁ Q 0,6(3-0,08) + 0,4(1-0,06-0,35) = 1,78 (I-II:II) | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 66,19 | — |
| Bz=3-4 | Bm = 0,3-0,5 | — | Pgk; cc | — | — | 3 cc | sg ₀ m ₈ | φ X d | ζ _r w ₁ = 93 |
| W _c =4,93 | P = 11,79 | S ₁ = 0,76 | γ ₁ = 0,8 | V=1,3 | Kd Pgk; cc Kb ζ _r w ₁ S _γ V Q 0,5(2-0,5) + 0,5 · 1,5 - 0,5 + 0,45 = 1,45 (I-II) | | | | |
| 0,45 | 0,08 | 0,14 | | 0,29 | — | — | — | 2,23 | Spur |
| 20,18 | 3,49 | 6,28 | | 13,00 | — | — | — | — | — |
| Bz=4-5 | Bm = 0,40-0,62 | 3 d ₂₋₃ | $\frac{[p] P_5;0}{(P_5;0)}$ | τ _{5;0} | k _{x4} | 1 f ₂ ; 2 o | sg ₀ m ₁ | φ XXV/XXII c | ζ _r w ₁ = 78 |
| W _c = 11,86 | P = 23,88 | S ₁ = 0,68 | γ ₁ = 0,8 | V=1,25 | K P _{5;0} Kd ₅ P _{5;0} ζ _r w ₁ 0,8(1-0,06) + 0,2(3,8-0,08) - 0,3 V Q + 0,3 = 1,68 (I-II:II) | | | | |
| 9,56 | 6,23 | 19,27 | 0,50 | 2,88 | 13,51 | Spur | — | 63,87 | 0,09 |
| 14,97 | 9,75 | 30,17 | 0,78 | 4,51 | 21,16 | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | 3 cc | sg ₀ m ₀ | φ I-VIII d | ζ _r w ₁ = 105 |
| W _c =5,85 | P = 13,87 | S ₁ = 0,8 | γ ₁ = 0,85 | — | einzelne Proben zeigen Risse | Kbgk; cc ζ _r w ₁ S _γ Q 1,5 - 0,45 + 0,8 = 1,85 (I-II:II) | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----|
| 102 | F. Werl (Westfalen) B. Kath. Kirche †† A. 400 J. | Dunkelgrün; fein- bis kleinkörn.; Qk _{x6} -Porenzement; kalkig-glaukonitisch. Deutlich geschichtetes, sehr festes Gestein. | An der Westseite z. T. rissig u. stark verwittert, an den übrigen Seiten verhältnismäßig noch zieml. gut erhalten. | II-III bis III z. T. H | 1a) 27,18 1b) — 2) — 3) W ₁ = 3,83 | 11,85 16,44 Sm XIII W ₂ = 3,89 | |
| 103 | F. Löwenberg *) (Schlesien) B. Kath. Kirche A. 630 J. | Weiß; feinkörnig mit wenig Kaolin in den Poren: Qk _{x3} . Festes Gestein. | Verwitterungsrinde an d. verschiedenen Quadern schwach bis ziemlich stark. Farbe schwach gelblich. Festigkeit an den äußerl. verwitterten Steinen beträchtlich vermindert. | I C bis I-II | 1) — 2) K 3) W ₁ = 7,76 | — Sm I W ₂ = 7,81 | |
| 104 | F. Riesenbeck *) (Westfalen) B. Kirche A. 400 bis 500 J. | Grauweiß; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: schwach silifiziert. Gestein von mittl. Festigkeit. | Mäßige, ziemlich glatte Verwitterungsrinde. Festigkeit des Gesteins beträchtl. vermindert. Stellenweise stark rostgelb gefleckt. | I-II | 1a) 96,17 1b) — 2) K 0,3(Kd ₄) 3) W ₁ = 6,38 | 1,37 36,44 Sm I W ₂ = 6,39 | |
| 105 | F. Havixbeck (Westfalen) B. St. Victor-Dom zu Xanten A. ca. 600 J. | Aschgrau, sehr feink. mit kleinen Glaukonitkörnchen. Sehr reichlich kalkiges Zement. Festes Gestein. | Die Architekturteile (kleine Säulen und Gesimse) stark verwittert, an der Oberfläche erdig. Am aufsteig. Mauerwerk vielfach Abblätterungen. Gestein zeigt im Innern z.T. geringe, z.T. ziemlich beträchtliche Festigkeitsverminderung. | I-II | 1a) 33,20 1b) — 2) Kb _{cc} (c ₁) 3) W ₁ = 6,64 | 3,90 5,80 Sm VIII W ₁ = 7,06 | |
| 106 | F. Löwenberg *) (Schlesien) [Bruch vor dem Laubaner Tor] B. Stadtmauer A. ca. 550 J. | Hellgrau; unregelmäß. klein- bis sehr grobk.; Qk _{x3-4} . Porenzement: Kaolin. Festigkeit des Gesteins ziemlich gering. | An den meisten Quadern unregelmäß. höckerige, starke Verwitterungsrinde. Im Innern ist das Gestein sehr mürbe. | II | 1) — 2) K 0,3(Kd ₄) 3) W ₁ = 6,48 | — — W ₂ = 6,49 | |
| 107 | F. Harpersdorf bei Löwenberg *) B. Dom zu Breslau A. ca. 600 J. | Gelb gefleckt; unregelmäß. grobkörnig; Qk _{x5} . Porenzement: nicht merklich silifiziert. Festes Gestein. | Vorstehende Architekturteile stark verwittert: vertikale Flächen zeigen dagegen nur mäßige Abwitterung. Gestein im Innern noch von beträchtlicher Festigkeit. | I bis I-II | 1) — 2) K 0,3(Kd ₄) 3) W ₁ = 4,39 | — — W ₂ = 5,73 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 6,12 8,49 Bz=1-2 (3) Wc=4,68 | 4,53 6,29 Bm = 0,1-0,3 P = 11,28 | 25,48 35,36 — S ₁ = 0,81 | 0,80 1,11 — γ ₁ = 0,78 | 2,81 3,89 — | 14,11 19,58 — einzelne Proben zeigen Risse | Spur — 3 cc | ger. Spur — sg ₀ m ₃ | 72,07 — φ I-VIII d | 0,08 — ζ _r w ₁ = 96 |
| | | | | | | $\begin{matrix} Kd_{gk}; cc & p_{gk}; cc & Kb_{gk}; cc & \zeta_r w_1 & S\eta \\ 0,5(2,1 - 0,55) + 0,5 \cdot 1,5 - 0,4 + 1,7 \\ Q \\ = 2,82 \text{ II-III : III} \end{matrix}$ | | | |
| — Bz=3-5 Wc = 12,85 | — Bm = 0,34-0,71 P = 25,38 | — — S ₁ = 0,61 | — p ₀ γ ₁ = 0,84 | — π ₀ — | — k _{x3} — | — 1 f ₁ ; 2 ka | — sg ₀ m ₀ | 4,55 φ XXXII | — ζ _r w ₁ = 109 |
| | | | | | | $\begin{matrix} K & \zeta_r w_1 & Q \\ 1,2 - 0,35 = 0,85 \text{ (I-C-I)} \end{matrix}$ | | | |
| 1,38 36,71 Bz=3-6 Wc = 10,61 | 0,20 5,32 Bm = 0,30-0,75 P = 21,93 | 0,25 6,64 — S ₁ = 0,62 | — p ₀ γ ₁ = 0,75 | 0,22 5,85 π ₀ (π ₄) | — k _{x4} — | — 2-3 ok | — sg ₁ m ₁ | 3,76 φ XXIV d | Spur — ζ _r w ₁ = c.58 |
| | | | | | | $\begin{matrix} K & Kd_4 & p_{0;5} & \zeta_r w_1 & Q \\ 0,7 \cdot 1 + 0,3(3 - 0,08) - 0,2 = 1,38 \text{ (I-II)} \end{matrix}$ | | | |
| 2,09 3,11 — Wc=9,05 | 1,39 2,07 — P = 19,47 | 30,29 45,05 — S ₁ = 0,78 | 2,15 3,20 — γ ₁ = 0,84 | 0,87 1,29 — | 25,15 37,40 — | Spur — 4 gk | — — sg ₁ m ₃ | inkl. Glaukonit 67,24 φ XII d | 0,07 — ζ _r w ₁ = 92 |
| | | | | | | $\begin{matrix} Kb_{cc} & c_1 & \zeta_r w_1 & S\eta & Q \\ 0,9 \cdot 1,5 + 0,1 \cdot 3,2 - 0,5 + 0,65 = 1,82 \text{ (I-II) : II} \end{matrix}$ | | | |
| — Bz=4-6 Wc=9,58 | — Bm = 0,47-0,55 P = 20,26 | — — S ₁ = 0,68 | — p ₀ γ ₁ = 0,78 | — π ₀ (π ₆) | — k _{x4} — | — 2-3 ka | — sg ₀ m ₀ | 4,04 φ XXXI | — ζ _r w ₁ = c.30 |
| | | | | | | $\begin{matrix} K & Kd_4 & \zeta_r w_1 & S\eta & Q \\ 0,7 \cdot 1,2 + 0,3 \cdot 3,1 + 0,12 + 0,1 = 1,99 \text{ (II)} \end{matrix}$ | | | |
| — Bz=4-6 Wc=9,56 | — Bm = 0,37-0,51 P = 20,18 | — 2 d ₁₋₂ S ₁ = 0,60 | — p ₀ γ ₁ = 0,83 | — π ₀ (π ₅) | — k _{x5} — | — 2-3 ok | — sg ₁ m ₀ | 4,12 φ XXV d | — ζ _r w ₁ = 40,2 |
| | | | | | | $\begin{matrix} K & Kd_4 & Q \\ 0,8 \cdot 1,2 + 0,2 \cdot 3,1 = 1,58 \text{ (I-II)} \end{matrix}$ | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| 108 | F. Schömberg bei Landshut B. Marienkirche zu Gräufau A. 500 J. | Grünlich-gelb mit reichlichen schwarzen Körnchen; unregelmäß. feinkörnig; Qk_{x3-4} . Porenzement: glaukonitisch. Ziemlich festes Gestein. | In der glatten Verwitterungsrinde markieren sich ausgeprägte Lagerfugen. Das Gestein ist mürbe und rostfleckig. | I-II | 1) — 2) K 3) $W_1 = 4,01$ $W_2 = 4,37$ | | |
| 109 | F. Baumberge bei Nottuln (Westf.)* Anm.: Das Gestein ist ein Sandkalkstein u. nur behufs Vergleich. seines Wetterbeständigkeitsgrades mit dem der Kalksandsteine hier eingefügt. B. Kirche zu Lüdinghausen A. 300 J. | Gelbweiß mit dunklen Körnchen. Porenzement: kalkig-glaukonit. Kreidig abfärbendes, jedoch verhältnismäßig festes Gestein. | Teilweise beträchtliche Abwitterung und starke Festigkeitsverminderung. | II-III z. T. II | 1a) 20,68 2,99 1b) — 3,77 2) $Kbc_1; cc$ Sm VIII 3) $W_1 = 8,37$ $W_2 = 8,67$ | | |
| 110 | F. Looswitz bei Bunzlau*) B. Kath. Kirche zu Bunzlau A. 300 bis 400 J. | Grau; unregelmäß. klein- bis sehr grobk.; Qk_{x6} . Porenzement: nicht merklich silifiziert. Teils von ziemlich beträchtlicher, teils von sehr geringer Festigkeit. | Ziemlich starke, höckerig ausgeprägte Verwitterungsrinde. Im Innern ziemlich beträchtliche bis geringe Festigkeitsverminderung. | I-II | 1) — 2) K 3) $W_1 = 4,63$ $W_2 = 4,93$ | | |
| 111 a | F. Alt-Warthau (Schlesien) B. Dorotheenkirche zu Breslau †) A. ca. 500 J. | Weiß; feinkörnig; in den Poren wenig Kaolin; Qk_{x3-4} . Festes Gestein. | Unbedeut. glatte Verwitterungsrinde. Festigkeit mehr od. weniger beträchtlich vermindert. | I z. T. I-II | 1) — 2) K 3) $W_1 = 7,07$ $W_2 = 7,24$ | | |
| 111 b | F. Alt-Warthau*) (Schlesien) [Domänen-Bruch]. | Weiß; feinkörnig; in den Poren wenig Kaolin; Qk_{x3-4} . Festes Gestein. | — | — | 1) — 2) K Sm I 3) $W_1 = 6,99$ $W_2 = 7,01$ | | |
| 112 | F. Baumberge bei Münster*) Die Anmerkung zu Nr. 109 gilt auch für dieses Gestein. B. Kirche z. Dülmen A. ca. 550 J. | Gelbl.-grauweiß; feinkörnig; Qk_{x6} . Porenzement: kalkspatig und schwach glaukonitisch. Ziemlich festes Gestein. | Namentlich an der Wetterseite zeigt das Gestein Abblätterungen. Die Verwitterungsrinde ist glatt und roststreifig; das Gestein im Innern z. T. etwas mürbe. | I-II | 1a) 38,38 2,93 1b) — 4,81 2) $Kbcc; c_1$ Sm VII 3) $W_1 = 8,64$ $W_2 = 9,23$ | | |
| 113 | F. Naumburg am Queis (Schles.)* B. Siegesdenkmal auf d. Augustaplatz z. Breslau A. 21 J. | Hellgrauweiß; fein- bis feinkörnig; zieml. porös; Qk_{x3-4} . Porenzement: nicht silifiziert. Festes Gestein. | Stark abgewittert; im Innern ziemlich beträchtliche Festigkeitsverminderung. | V-VI | 1) — 2) K 3) $W_1 = 9,2$ $W_2 = 10,80$ | | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|---------------|----------------|------------------|-------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|-------------------|---------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | — | 6,10 | — |
| Bz=4-8 | Bm = 0,54-0,80 | — | $P_0; gk$ | π_0 | k_{x4} | — | $sg_0 m_0$ | φ XXIV d | $\zeta, w_1 = 43$ |
| $W_c = 7,32$ | $P = 16,23$ | $S_1 = 0,60$ | $\gamma_1 = 0,81$ | — | K Kd_4 $P_0; gk$ Q $0,75 \cdot 0,97 + 0,25(2,95 - 0,25) = 1,38$ (I-II) | | | | |
| 1,26 | 0,87 | 40,20 | 0,55 | 1,12 | 31,22 | — | — | 79,32 | Spur |
| 1,58 | 1,11 | 50,68 | 0,69 | 1,41 | 39,23 | 1,53 | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | 2 gk | $sg_1 m_3$ | φ XII d | $\zeta, w_1 = c.37$ |
| $W_c = 10,87$ | $P = 22,50$ | $S_1 = 0,78$ | $\gamma_1 = 0,84$ | — | Kbc ₁ cc S γ Q $0,5 \cdot 3,2 + 0,5 \cdot 1,5 + 0,3 = 2,65$ (II-III) | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 4,55 | — |
| Bz=4-7 | Bm = 0,48-0,88 | 2 d ₃ | $P_0; e$ | $\pi_0; e$ | — | — | $sg_0 m_0$ | φ XXIII d | $\zeta, w_1 = 39,7$ |
| $W_c = 8,22$ | $P = 17,81$ | $S_1 = 0,60$ | $\gamma_1 = 0,75$ | — | K Kd_5 ζ, w_1 Q $0,9 \cdot 1 + 0,1 \cdot 3,8 + 0,15 = 1,43$ (I-II) | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 6,37 | — |
| Bz=3-6 | Bm = 0,20-0,67 | 1 d ₁ | $P_0; s; e$ | $\pi_0; s; e$ | k_{x4} | 2 ka | $sg_0 m_0$ | φ XXV d | $\zeta, w_1 = 72$ |
| $W_c = 12,54$ | $P = 24,93$ | $S_1 = 0,58$ | $\gamma_1 = 0,86$ | — | K ζ, w_1 Q $1,2 - 0,2 = 1,0$ (I) | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 4,93 | — |
| Bz=3-5 | Bm = 0,23-0,63 | 1 d ₁ | $P_0; s; e$ | $\pi_0; s; e$ | k_{x4} | 2 ka | $sg_0 m_1$ | — | $\zeta, w_1 = 69$ |
| $W_c = 12,10$ | $P = 24,23$ | $S_1 = 0,58$ | $\gamma_1 = 0,82$ | — | K ζ, w_1 Q $1,2 - 0,2 = 1,0$ (I) | | | | |
| 1,67 | 1,18 | 28,82 | 1,24 | 0,70 | 23,53 | Spur | ger. Spur | 60,94 | 0,10 |
| 2,74 | 1,94 | 47,29 | 2,04 | 1,15 | 38,64 | 1,39 | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | 2 gk | $sg_1 m_3$ | φ XVII d | $\zeta, w_1 = 52$ |
| Bz = 11,28 | $P = 23,16$ | $S_1 = 0,76$ | $\gamma_1 = 0,87$ | — | Kbcc c ₁ ζ, w_1 Q $0,7 \cdot 1,5 + 0,3 \cdot 3,2 - 0,35 = 1,66$ (I-II) | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 6,24 | — |
| Bz=4-6 | Bm = 0,40-0,68 | 2 d ₂ | $P_0; o$ | $\pi_0; o$ | k_{x4} | — | $sg_0 m_0$ | φ XXV b | $\zeta, w_1 = 42$ |
| $W_c = 12,86$ | $P = 25,35$ | $S_1 = 0,84$ | $\gamma_1 = 0,72$ | — | K Kd_6 S γ Q $0,7 \cdot 1,2 + 0,3 \cdot 6,0 + 2,8 = 5,44$ (V-VI); r (V) | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 114 | F. Umgegend von Dobrau bezw. Warthau (?) B. Viadukt d. Niederschlesisch-Märkisch. Bahn bei Bunzlau ††) A. 50 J. | Weiß; fein- bis feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: nicht silifiziert (Kaolin). Wenig festes Gestein. | Bis 1 cm starke rostgelbe Verwitterungsrinde und stellenweise bis 2 cm tiefe Ausnagungen. Gestein mürbe u. zerbröckelnd. | IV-V | 1) 2) 3) | — K 0,4(Kd ₀) W ₁ = 8,01 | — Sm I W ₂ = 8,56 |
| 115 | F. Hochkirch *) (Kr. Görlitz) B. Durchlaß der Eisenbahnstr. Görlitz-Lauban A. 30 J. | Weiß; feink.; Qk _{x3-4} . Porenzement: nicht silifiziert (Kaolin). Wenig festes Gestein. | Zieml. starke Verwitterungsrinde. Beträchtliche Verminderung der Festigkeit. Kreidig abfärbend. | IV-V | 1a) 1b) 2) 3) | 92,46 — K Kd ₅ W ₁ = 9,94 | 2,89 36,67 — W ₂ = 10,99 |
| 117 | F. Warthau bei Bunzlau B. Gewölbt. Brücke der Eisenbahnstrecke Bunzlau-Thomaswaldau ††) A. 48 J. | Weiß; ziemlich feinkörnig; Qk _{x3-4} . Poren mit Kaolin erfüllt. Ziemlich festes Gestein. | Zum Teil rostgelb gefärbt; in Höhe des wechselnden Wasserstandes nicht unerheblich verwittert, mit zieml. beträchtlicher Festigkeitsverminderung. | II-III | 1a) 1b) 2) 3) | 94,67 — K 0,24(Kd ₄ ; ee; ci) W ₁ = 8,92 | 1,72 32,45 Sm I-(II) W ₂ = 10,0 |
| 118 | F. Warthau bei Bunzlau *) | Weiß; ziemlich feinkörnig; Qk _{x3-4} . Poren mit Kaolin erfüllt. Festes Gestein. Anm. zu Kol. 7: Das frische Gestein der Warthauer Brücke enthält, soweit es hier zur Untersuchung vorlag, keinen Kalkspat. Es ist deshalb zweifelhaft, ob der Gehalt an Kalkspat nicht sekundärer Entstehung ist. | — | — | 1a) 1b) 2) 3) | 91,46 — K 0,2(Kd ₄) W ₁ = 8,1 | 3,59 42,84 — W ₂ = 8,44 |

Nr. 119 bis 128 u. 171: Sandsteine der

| | | | | | | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----|----------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 119 | F. Vilbel (Hessen-Darmstadt) B. Römerkastell Saalburg bei Homburg †) A. ca. 1600 J. | Ziegelrot mit reichl. pulverförm. Eisenoxyd; zieml. feink.; Qk _{x3-4} . Porenzement: teils kieselig, teils staubförmig, mehr od. weniger stark silifiziert. Deutlich geschichtetes festes Gestein mit wenig Eisenkies, reichlichen Quarzit- und Kieselschieferkörnchen. | Die Quadern zeigen stark abgerundete Ecken und sind im Innern sehr mürbe. | IC | 1) 2) 3) | — K 0,2(Kd ₇ ; 5) W ₁ = 4,90 | — Sm V— VI ₂₇ ; 5 Bi 2—6 W ₂ = 5,17 |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----|----------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779—780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|------------------------|----------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------|---------------|------------------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | — | 2,38 | — |
| Bz=4-5 | Bm = 0,47-0,60 | 2 d ₂₋₃ | P _{0; 6} | π _{0; 6} | k _{x4} | 2-3 ka | sg ₁ m ₂ | φ XXX-XXXI | ζ _r w ₂ = 27 |
| W _c = 10,31 | P = 20,40 | S ₂ = 0,83 | γ ₂ = 0,7 | — | K Kd ₀ ζ _r w ₂ S ₇ Q 0,6 · 1 + 0,4 · 6,0 + 0,1 + 2 = 5,1 (V); r (IV-V) | | | | |
| 3,43 43,53 | 0,12 1,52 | — | 0,15 1,90 | 0,23 2,92 | cl Spur | ger. Spur | — | 7,88 | 0,25 |
| Bz=4-6 | Bm = 0,56-0,80 | 2 d ₂₋₃ | [p] P _{6; 6; 0} | π _{6; 6; 0} | k _{x4} | 3 ka | sg ₀ m ₀ | φ XXV c | ζ _r w ₂ = 25 |
| W _c = 12,94 | P = 25,44 | S ₂ = 0,85 | γ ₂ = 0,75 | — | K Kd ₅ ζ _r w ₂ S ₇ Q 0,5 · 0,7 + 0,5 · 3,6 + 0,2 + 2,6 = 4,95 (V); r (IV-V) | | | | |
| 1,31 24,72 | 0,27 5,09 | 0,54 10,19 | Spur | 0,28 5,28 | 0,18 3,40 | Spur | Spur | 5,30 | 0,76 |
| Bz=3-5 | Bm = 0,35-0,60 | — | P _{6; 0} | π _{0; 6} | k _{x4} | 3 ka; 2-3 ok | sg ₂ m ₂ | φ XXII c/XXIV | ζ _r w ₂ = 36 |
| W _c = 13,53 | P = 26,30 | S ₂ = 0,74 | γ ₂ = 0,67 | V = 1,4 | K Kd ₄ S ₇ V Q 0,8 · 1 + 0,2 · 3 + 1,92 = 3,32 (III-IV); r (II-III) | | | | |
| 3,28 39,14 | 0,07 0,83 | Spur | | 0,17 2,04 | — | Spur | — | 8,38 | Spur |
| Bz=3-5 | Bm = 0,44-0,65 | — | P _{0; 6} | π _{0; 6} | k _{x4} | 2 ka | sg ₀ m ₀ | φ XXXI | ζ _r w ₂ = 40 |
| W _c = 12,13 | P = 24,23 | S ₂ = 0,72 | γ ₂ = 0,68 | — | K Kd ₄ ζ _r w ₂ S ₇ Q 0,8 · 1 + 0,2 · 3 - 0,1 + 0,8 = 2,1 (II); r (I) | | | | |

Dyas-Formation (Rotliegendes)

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------|------------------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | 1,2% d. B. | 16,00 | — |
| Bz=2-5 | Bm = 0,30-0,80 | 1 d ₂ | [p] P _{7; 5} | π _{7; 5} | k _{x4} | { 1 f ₂ ; 2 ks; 4 o; q | sg ₂ m ₃ | — | ζ _r w ₁ = 69 |
| W _c = 8,75 | P = 18,76 | S ₁ = 0,59 | γ ₁ = 0,8 | 1,5 | K P _{7; 5} Kd _{7; 5} P _{7; 5} Sm [(0,8 · 1 - 0,35 + 0,2 · 2,47 - 0,35) 1,18] ks Q 1,02 = 0,714 (IC) | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----|
| 121 | F. Alvensleben *) Prov. Sachsen [Untere Lage] B. Stadttor zu Neu- haldensleben A. ca. 600 J. | Hellkirschrot mit rötlichen Quarzkörnchen; fein- bis feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: schwach silifiziert und m. wenig Kalkspat durchwachsen. Ziemi. deutlich geschichtetes mittel-festes Gestein m. schwarzen kleinen Körnchen (?) und wenig Eisenkies. | Einzelne Steine stark abgewittert; fahl rostgelb, sämtliches Material mehr oder weniger mürbe. | I-II z. T. II | 1a) 85,91 1b) — 2) Kd _{xI} ; cc 3) W ₁ = 2,48 | 4,81 33,95 Sm I W ₂ = 2,97 | |
| 122 | F. Bretzenheim *) (Kr. Kreuznach) B. Simultankirche zu Bretzenheim A. 102 J., vor 46 J. renoviert. | Hellziegelrot mit intensiv rot gefärbten Quarzkörnchen; feink. Qk _{x6} . Porenzement: zeolitisch, z. T. tonig. Ziemi. festes Gestein. | Starke Verwitterungsrinde; Gestein mehr oder weniger mürbe. | III z. T. IV | 1a) 78,64 1b) — 2) $\frac{Kd_{xIII}}{0,1(K)}$ 3) W ₁ = 5,82 | 7,44 33,77 Sm I W ₁ = 6,99 | |
| 123 | F. Steinbruch Schlegel b. Neurode *) (Schlesien) B. Evang. Kirche zu Neurode A. 27 J. | Dunkelgraurot; unregelmäßig feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: schwach silifiziert. Un- deutlich geschichtetes, ziemlich festes Gestein mit Quarzit- und Kiesel-schieferkörnchen. | Zeigt bereits deutliche Spuren d. Verwitterung. | — | 1a) 91,72 1b) — 2) Kd _{xIII; 4} 3) W ₁ = 3,17 | 2,99 35,30 — W ₂ = 3,50 | |
| 124 | F. Ottweiler und Oberlinxweiler (Rheinland) *) B. Lehrer-Seminar zu Ottweiler A. 18 J. | Bläul. kirschrot; klein- bis grobkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: nicht silifiziert (tonig, ockerig); deutlich geschichtetes, wenig festes Gestein mit reichlichem Gehalt an Eisenkies und wenig Feldspat. | Starke höckerige Abwitterung; z. T. im Innern äußerst mürbe. | V z. T. VI | 1) — 2) $\frac{K}{(Kd_6)}$ 3) W ₁ = 7,01 | — Sm I W ₂ = 7,56 | |
| 125 | F. Fischbach im Soden b. Kirn *) (Rheinland) B. Durchlaß der Eisenbahnstr. Kirn-Fischbach A. 34 J. | Hellkirschrot und weiß gefleckt; sehr unregelmäßig klein- bis grobkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: schwach silifiziert. Wenig festes grau-wackentartiges Gestein, mit reichl. Körnchen von zersetztem Feldspat und grünlichen Tonschieferbrocken. | Ziemi. starke Abwitterung, z. T. sehr mürbe. | IV-V | 1) — 2) $\frac{Kd_4}{0,2(K)}$ 3) W ₁ = 6,27 | — — W ₂ = 6,48 | |
| 126 | F. Rothenburg a. d. Saale (Prov. Sachsen) B. Erste Lieper Schleuse †) A. 125 J. | Rot, weiß gefleckt; sehr feinkörnig; Poren mit tonigem Eisenoxyd erfüllt; Qk _{x6} . Porenzement: tonig und unregelmäßig silifiziert. Gestein v. mittlerer Festigkeit mit geringem Gehalt an Eisenkies. | Stark narbige Verwitterungsrinde. Das eisenoxydhaltige Porenzement ausgewaschen und z. T. auf den Schichtflächen abgelagert. Das Gestein zeigt schichtenförmige Absonderung und ist ziemlich bröcklig. | II | 1a) 73,01 1b) — 2) $\frac{Kb_{cc; 2}}{0,2(K)}$ 3) W ₁ = 1,96 | 6,50 23,61 — W ₂ = 2,15 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|
| 3,62 25,55 Bz=2-4 W _c =3,79 | 1,10 7,76 Bm = 0,19-0,51 P = 9,13 | 1,40 9,88 — S ₁ = 0,78 | Spur — pxI; cc γ ₁ = 0,87 | 1,53 10,80 π _{xI} ; cc V = 1,2 | 1,02 7,19 k _{x4} | Spur — 1 f ₁₋₂ ; 2 ks; cc; q | Spur — sg ₂ m ₀ | 14,17 — φ X d | 0,14 — ζ _r w ₁ = 44 |
| $Kd_{xI} cc \quad P_{xI} cc \quad S\eta \quad V \quad Q$ $2,1 - 0,53 + 0,6 = 2,17 \quad (II, 17)$ | | | | | | | | | |
| 5,52 25,06 Bz=0,2- (0,3) W _c =9,93 | 1,87 8,49 Bm = 0,2-0,3 P = 20,68 | 0,93 4,21 — S ₁ = 0,70 | 1,90 8,63 pxIII; s γ ₁ = 0,51 | 1,53 6,95 — V = 1,5 | — | Spur — — | — — sg ₀ m ₃ | 22,03 — φ XII/ XIII d | 0,36 — ζ _r w ₁ = 47 |
| $Kd_{xIII} \quad P_{xIII; 5} \quad K \quad P_{xIII; 5}$ $0,9 (2,7 - 0,28) + 0,1 (1,4 - 0,26)$ $\zeta_r w_1 \quad S\eta \quad V \quad Q$ $- 0,1 + 2,1 = 4,29 \quad (IV \dagger)$ | | | | | | | | | |
| 2,41 28,45 Bz=3-5 W _c =5,41 | 1,31 15,47 Bm = 0,30-0,65 P = 12,60 | 0,28 3,31 2 d ₂ S ₁ = 0,63 | 0,84 9,91 p ₃ ; 4 γ ₁ = 0,5 | — | — | — — 3 q | — — sg ₁ m ₀ | 8,47 — φ XIX d | 0,12 — ζ _r w ₁ = 33 |
| $Kd_{xIII; 4} \quad P_{3; 4} \quad S\eta \quad Q$ $2,75 - 0,31 + 0,6 = 3,04 \quad (III)$ | | | | | | | | | |
| — Bz=2-3 W _c =9,12 | — Bm = 0,20-0,30 P = 19,37 | — — S ₁ = 0,83 | — p ₀ ; 0 γ ₁ = 0,71 | — — π ₀ ; 0 | — | — 2 f ₁ ; 4 ks; t; ok | 1,6% d. B. sg ₂ m ₁₋₂ | 19,93 φ XIX d | — ζ _r w ₁ = 41 |
| $Kd_5 \quad K \quad \zeta_r w_1 \quad S\eta \quad ks \quad Q$ $(0,9 \cdot 4,0 + 0,1 \cdot 1,4 - 0,4 + 1,8) \quad 1,08 = 5,6 \quad (V-VI)$ | | | | | | | | | |
| — Bz=4-7 W _c =7,54 | — Bm = 0,25-0,60 P = 16,62 | — — S ₂ = 0,86 | — p ₄ ; 5 γ ₂ = 0,54 | — — π ₄ ; 5 | — | — 4 f ₃ ; ts | — sg ₀ m ₀ | 20,62 φ XX d | — ζ _r w ₂ = 29 |
| $Kd_4 \quad P_{4; 5} \quad K \quad P_{4; 5} \quad S\eta \quad Q$ $0,8 (2,7 - 0,23) + 0,2 (1,35 - 0,25) + 3,6 = 5,7 \quad (V-VI); r \quad (V)$ | | | | | | | | | |
| 7,33 26,62 Bz=2-4 W _c =2,39 | 1,41 5,12 Bm = 0,05-0,45 P = 5,99 | 4,94 17,94 1 d ₁₋₂ S ₃ = 0,90 | 0,27 0,98 pcc; 4; 5 γ ₃ = 0,72 | 1,30 4,72 πcc; 4; 6 | 3,92 14,25 — | — — 2 ks; 3 o; t | — — sg ₁ m ₀ | Spur — φ XVII b | 27,53 — ζ _r w ₃ = c.72 |
| $Kb_{cc; 2} \quad K \quad P_{cc; 4; 5} \quad \zeta_r w_3 \quad S\eta \quad Q$ $0,8 \cdot 2,15 + 0,2 (1,5 - 0,4) - 0,45 + 1,7 = 3,19 \quad (III); r \quad (II)$ | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 127 | F. Rothenburg a. d. Saale B. Schleuse z. Alt-Friesack †) A. Über 50 J. | Rot, weiß gefleckt; sehr feinkörnig; Poren mit tonigem Eisenoxyd erfüllt; Qk _{x3-4} . Porenzement: mikrogranulös, teils kieselig, teils kalkig. Das Gestein ist fest und enthält spärlich Eisenkies. Anm.: Die Untersuchung ist an einem Probestück ausgeführt worden, welches nur eine geringe Verwitterungsrinde zeigte, ohne namhafte Festigkeitsverminderung. | Im allgemein. stark narbige Verwitterungsrinde. Das Gestein noch ziemlich fest. | II? | 1a) 76,51 1b) — 2) $\frac{Kb_{cc}; 2}{0,2(K)}$ 3) $W_1 = 2,59$ | 5,84 24,99 — $W_2 = 3,02$ | |
| 128 | F. Umgegend von Norheim *) (Rheinland) B. Großer Norheimer Tunnel A. 34 J. | Rötlich-grau mit Rostflecken; reichl. zersetzte Feldspat Körnchen enthaltend, und z. T. beträchtliche Mengen von Eisenkies. Ziemi. festes Gestein. | Die Gewölbeflächen zeigen geringe Spuren der Verwitterung; einz. Steine müßten jedoch bereits ausgewechselt werden, weil sie stark zermürbt waren. | II-III z. T. V-VI | 1a) 89,46 1b) — 2) $\frac{K}{0,4(Kd_{xII})}$ 3) $W_1 = 5,52$ | 3,88 36,09 — $W_2 = 6,59$ | Sm V z _{xII} |
| 171 | F. Böschweiler *) (Oldenbg.; Birkenfeld) B. Nahe-Brücke, Eisenbahnstr. Kronweiler-Heimbach A. 34 J. | Gelb mit rostfarbenen Streifen; kleinkörnig; in den Poren reichl. Eisenocker; Qk _{x4} . Porenzement: mäßig silifiziert. Deutlich geschichtetes, wenig festes Gestein mit spärlichem Eisenkies. | Zum Teil bereits stark verwittert u. im Innern sehr mürbe. | z. T. V-VI | 1a) 78,53 1b) — 2) $\frac{Kd_{xII}}{0,25(K)}$ 3) $W_1 = 5,93$ | 6,63 30,58 — $W_2 = 6,80$ | Sm VII; Vz _{xIII} |

Nr. 130 bis 147: Sandsteine

| | | | | | | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 130 | F. Am Steinberg *) (Hannover) B. Domkirche zu Hildesheim A. ca. 900 J. | Hellgrau mit schwachen rostgelb. Schichtstreifen; grobkörnig; kleinporig; Qk _{x3} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Festes Gestein mit spärlichen Körnchen von zersetztem Feldspat und ziemi. reichl. Eisenkies. | Unbedeutende Verwitterungsrinde, aber stark rostfleckig. Gestein im Innern sehr mürbe. | I | 1) — 2) K 3) $W_1 = 6,05$ | — Sm I $W_2 = 6,45$ | |
| 131 | F. Velpke *) (Braunschweig) [Obere Lage] B. Wohnhaus Hentz z. Velpke A. 400 bis 500 J. | Gelb, in den Poren pulverförmiger Eisenocker; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: tonig. Festes Gestein, z. T. mit ziemlich reichl. Eisenkies. | Verwitterungsrinde nicht sehr bedeutend. Festigkeit des Gesteins merklich vermindert. | I | 1a) 97,76 1b) — 2) K 3) $W_1 = 2,90$ | 0,78 34,01 — $W_2 = 3,22$ | Sm I |
| 75 | F. Lüstringen (Hannover) B. Katharinen-Kirchturm zu Osnabrück †) A. ca. 500 J. | Gelblich-weiß mit hellgelb. Flecken; feinkörn.; v. beträchtlicher Festigkeit. Porenzement: stark silifiziert. | Die auf den Spalt gestellte Werkstücke sind abgeplatzt und verwittert. Auch die übrigen Quadern zeigen beträchtl. Abwitterung und sind im Innern mürbe. | II-III | 1a) 70,65 1b) — 2) K 3) $W_1 = 4,01$ | 9,98 33,69 — $W_2 = 4,25$ | Sm VIII z _{xII} |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779—780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 5,83 24,95 Bz=2-4 Wc=4,30 | 1,52 6,50 Bm = 0,30-0,55 P = 10,29 | 2,59 11,08 1 d ₁₋₂ S ₃ = 0,70 | 1,40 5,99 P _{3; 4} γ ₃ = 0,65 | 0,98 4,19 π _{3; 4} | 3,58 15,32 k _{x4} | — — 2 ks; c; 3o; t | Spur — sg ₂ m ₀ | 23,37 — φ XXV/ XX d | Spuren — ζ _r w ₃ = c.69 |
| $Kb_{cc}; 2 \quad K \quad p_{cc}; 4; 5 \quad \zeta_r w_3 \quad S \gamma \quad Q$ $0,8 \cdot 2,15 + 0,2(1,5 - 0,4) - 0,45 + 0,35 = 1,84 \text{ (II); } r \text{ (I)}$ | | | | | | | | | |
| 2,91 27,07 Bz=1-4 Wc=7,32 | 1,40 13,02 Bm = 0,15-0,55 P = 16,34 | 0,13 1,21 3 d ₃ S ₂ = 0,90 | 0,15 1,40 P _{0; 3; 4} γ ₂ = 0,74 | 1,38 12,84 π _{0; 3; 4} | — — — F ₂ = 0,75 | Spur — 1 f ₂ | — — sg ₁ m ₀ | 10,75 — φ XIX d | 0,19 — — ζ _r w ₂ = 43 |
| $K \quad p_{0; 3; 4} \quad Kd_{xII} \quad Sm V \quad S \gamma$ $[0,6(1,2 - 0,2) + 0,4(2,15 - 0,2)] 1,2 + 4,4$ Q $= 6,06 \text{ (VI); } r \text{ (V-VI)}$ | | | | | | | | | |
| 8,92 41,14 Bz=1-4 Wc=7,32 | 1,87 8,63 Bm = 0,08-0,55 P = 16,65 | 0,19 0,88 1 d ₁ S ₁ = 0,90 | — — p _{xIII; 5} γ ₃ = 0,62 | 1,21 5,58 π _{xIII; 5} | — — k _{x4-5} | Spur — 1 f ₁ ; 2 ks; 4 ok | Spur — sg ₂₋₃ m ₄ | 21,68 — φ XIX | Spur — — ζ _r w ₃ = c.24 |
| $Kd_{xII} \quad p \quad K \quad p \quad Sm V \quad S \gamma$ $[0,75(2,5 - 0,25) + 0,25(1,6 - 0,3)] 1,25 = 2,52$ $Q \quad Sm VII = 3,2 \quad \left. \vphantom{Q} \right\} 2,86 + 3,6$ $= 6,46 \text{ (VI-VII); } r \text{ (V-VI)}$ | | | | | | | | | |

der Keuper-Formation

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Bz=3-4 Wc=9,64 | — Bm = 0,4-0,8 P = 20,33 | — — S ₁ = 0,67 | — — p _{xI; 4; 5} γ ₁ = 0,79 | — — — — | — — — — | — — — — | — — — — | — — — — | — — — — |
| $\left\{ \begin{array}{l} 0,56\% \\ d. B. \end{array} \right. \quad 7,20$ $\left\{ \begin{array}{l} 2f_3; 2-3o; \\ 3ks \end{array} \right. \quad \varphi \text{ XXIV} \quad b-c \quad \zeta_r w_1 = 48$ $K \quad p_{4; 0} \quad Q$ $1,02 - 0,12 = 0,9 \text{ (I)}$ | | | | | | | | | |
| 0,56 24,48 Bz=5-6 Wc=6,20 | 0,30 13,18 Bm = 0,50-0,84 P = 14,12 | — — — S ₁ = 0,52 | 0,15 6,54 [p] P _{0; 0} γ ₁ = 0,82 | 0,23 10,07 π _{0; 0} | — — — — | — — — — | Spur — — — | 2,26 — — — | 0,44 — — — |
| $K \quad \zeta_r w_1 \quad ks \quad Q$ $[0,75 + 0,13] 1,02 = 0,9 \text{ (I)}$ | | | | | | | | | |
| 8,33 28,12 Bz=1-3 Wc=4,96 | 3,54 11,95 Bm = 0,1-0,3 P = 11,62 | 0,53 1,79 — S ₁ = 0,86 | 1,52 5,13 p _{xII; 4} γ ₁ = 0,82 | 2,80 9,54 π _{xII; 4} | — — — — | — — — — | Spur — — — | — — — — | 29,62 — — — |
| $Sm VIII z x II \quad V \quad S \gamma \quad Q$ $1,75 + 0,6 + 0,1 = 2,45 \text{ (II-III)}$ | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 132 | F. Groß-Salze (Prov. Sachsen) B. St. Johannis-kirche zu Groß-Salze ††) A. 500 bis 550 J. | Weiß, sehr feinkörnig; stellenweise stark kavernös; Qk _{x3-4} . Porenzement: schwach silifiziert. Festes Gestein mit ziemlich reichlichem Eisenkies. | Meist glatte, stellenweise narbige Verwitterungsrinde. Oberfläche kreidig abfärbend; im Innern jedoch fest. | I | 1) 2) 3) | — K W ₁ = 6,23 | — Sm I-(II) W ₂ = 6,60 |
| 133 | F. Bielefeld (Westfalen) B. Neustädter Kirche zu Bielefeld †) A. ca. 600 J. | Rostgelb mit helleren und dunkleren unregelmäßigen Streifen; die Quarzkörnchen m. Ocker überrindet; sehr feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Festes Gestein. | Teils schwache, teils ziemlich beträchtliche rostgelbe Verwitterungsrinde, stellenweise mit 1 1/2 cm tiefen Auswitterungen. Gestein im Innern fest. | I | 1a) 1b) 2) 3) | 92,14 — K 0,1(Kd _{3;5}) W ₁ = 6,05 | 1,92 24,40 Sm I-II ₀ Bi 1-3 W ₂ = 6,22 |
| 134 | F. Altenburg bei Tübingen *) B. Dicker Turm zu Trochtelfingen A. ca. 400 J. | Hellgraugelb; sehr grobkörnig und stellenweise kavernös; Qk _{x6} . Porenzement: kieselig-tonig, z.T. kristallinisch-kalkig. Festes Gestein. | Höckerige Verwitterungsrinde. Gestein noch ziemlich fest. | I-II bis II | 1a) 1b) 2) 3) | 82,87 — K Kb _{4;cc} W ₁ = 4,91 | 3,51 19,79 — W ₂ = 5,20 |
| 135 | F. Kleft b. Melle *) B. Kirche zu Melle A. 800 J. | Rauchgrau; feinkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: krypto-kristallinisch, z.T. mikroklastisch, schwach silifiziert. Festes Gestein mit reichlichem Feldspat und Glimmer, z. T. mit schichtiger Einlagerung kohligter Blättchen. | Rostfleckig mit stark zersetzten Feldspatkörnchen. Einzelne Steine im Innern noch recht fest, andere sehr mürbe. | IC z. T. I | 1a) 1b) 2) 3) | 83,94 — K W ₁ = 3,52 | 5,89 34,73 Sm II _{zXII} Bi 1-3 W ₂ = 3,77 |
| 136 | F. Seebergen bei Gotha *) B. Domkirche zu Erfurt A. 400 bis 500 J. | Gelb mit kleinen Rostflecken; sehr feinkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: nicht merklich silifiziert. Mittelfestes Gestein mit äußerst kleinen Körnern von Eisenkies. | An den Ecken ziemlich stark und unregelmäßig abgewittert. Im Innern noch ziemlich fest. | I-II | 1a) 1b) 2) 3) | 92,10 — K 0,2Kd ₄ W ₁ = 5,53 | 2,77 32,51 — W ₂ = 6,16 |
| 137 | F. Seehausen bei Magdeburg *) B. Domkirche zu Magdeburg A. 375 bis 685 J. | Grauweiß; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: tonig. Mittelfestes Gestein mit ziemlich reichlichen Körnern von Eisenkies. | Teils mäßige, teils stärkere glatte Verwitterungsrinde. Im Innern größtenteils noch ziemlich fest. | I z. T. I-II | 1a) 1b) 2) 3) | 94,75 — K 0,05(Kd _{5;6}) W ₁ = 8,17 | 2,00 37,81 Sm I W ₂ = 8,48 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | 1,68 % d. B. | 6,63 | — |
| Bz=4-5 W _c = 11,55 | Bm = 0,50-0,70 P = 23,36 | — | P _{0;5} | π _{0;5} | k _{x4} | 3 ks | sg ₁ m ₁ | ψ XIX d | ζ _r w ₁ = 46 |
| K p _{0;5} ks Q (1,0 - 0,06) 1,02 = 0,96 (I) | | | | | | | | | |
| 1,62 20,59 | 1,90 24,14 | 0,16 2,03 | 0,23 2,92 | 0,69 8,77 | — | ger. Spur | Spur | 7,87 | 0,26 |
| Bz=3-4 W _c =9,49 | Bm = 0,30-0,68 P = 20,14 | — | P _{4;5} | π ₀ | k _{x4} | 1 f ₁ ; 3 ok | sg ₀ m ₁ | ψ XXIII d | ζ _r w ₁ = 49 |
| K p _{4;5} Kd _{5;5} P _{4;5} Q 0,9(1 - 0,19) + 0,1(3,1 - 0,21) = 1,2 (I) | | | | | | | | | |
| 4,02 22,66 | 0,24 1,35 | 2,41 13,59 | 1,10 6,20 | 2,00 11,27 | 3,34 18,83 | — | — | 17,74 | Spur |
| Bz=3-5 W _c =9,15 | Bm = 0,35-0,60 P = 19,55 | — | P _{cc;4} | π _{cc;4} | — | 2-3 cc | sg ₁ m ₀ | φ XIX/XXIII | ζ _r w ₁ = c 38 |
| K p _{cc;4} Kb _{4;cc} p _{cc;4} ζ _r w ₁ Q 0,5(1 - 0,31) + 0,5(2,9 - 0,36) + 0,14 = 1,76 (I-II:II) | | | | | | | | | |
| 4,56 26,89 | 2,52 14,86 | 0,23 1,36 | 0,43 2,53 | 1,53 9,02 | — | Spur | — | 16,96 | 0,24 |
| Bz=3-4 W _c =5,17 | Bm = 0,30-0,50 P = 12,06 | 1 d ₁₋₂ | p _{xII} | π _{xII} | — | 4 f ₁ ; gl; s ₃ [ko] | sg ₃ m ₄ | ψ XII/ XIX d | ζ _r w ₁ = 58 |
| K p _{xII} Q 1,25 - 0,45 = 0,80 (IC) | | | | | | | | | |
| 2,90 34,04 | 0,72 8,45 | — | 0,38 4,46 | 0,40 4,69 | — | — | Spur | 8,52 | 0,12 |
| Bz=4-6 W _c = 10,88 | Bm = 0,65-0,66 P = 22,42 | 3 d ₁ | P _{0;0} | π _{0;0} | — | 3 ks; o | sg ₁ m ₁ | ψ XVII/ XIX d | ζ _r w ₁ = c. 38 |
| K Kd ₄ ζ _r w ₁ Q 0,8 · 0,9 + 0,2 · 3,0 + 0,15 = 1,47 (I-II) | | | | | | | | | |
| 2,10 39,70 | 0,19 3,09 | 0,06 1,13 | 0,24 4,54 | — | — | Spur | Spur | 5,29 | 0,56 |
| Bz=4-6 W _c = 14,87 | Bm = 0,62-0,80 P = 28,26 | 1 d ₁ | P _{0;0} | π _{0;0} | k _{x4} | 3 ks; t | sg ₁ m ₃ | ψ XXV bc | ζ _r w ₁ = c. 41 |
| K Kd _{5;6} ζ _r w ₁ Q 0,95 · 0,75 + 0,05 · 4,5 + 0,1 = 1,035 (I) | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 138 | F. Großdünge (Hannover) B. Turm, Domäne Marienburg †) A. Mehrere Jahrhunderte (?) | Hellgrau mit kleinen Rostflecken; feinkörnig; Qk _{x3-4} Porenzement: nicht merklich silifiziert. Mittelfestes Gestein mit reichlichen, rostfarbenen Feldspatkörnchen und ziemlich reichlichem Eisenkies. | Starke Verwitterungsrinde mit Rostflecken. Im Innern sehr mürbe. | II ? | 1) 2) 3) | — $\frac{K}{0,1(Kd_6)}$ W ₁ = 6,54 | — Sm I-(II) W ₂ = 6,64 |
| 139 | F. Salzuflen *) (Lippe-Detmold) B. Münsterkirche zu Herford A. 500 bis 900 J. | Gelb, die Poren mit Eisenocker erfüllt; feinkörnig. Porenzement: mikroklastisch, schwach silifiziert. Mittelfestes Gestein mit reichlichem Feldspat, etwas Glimmer und Körnchen von schwarzer Farbe. | Mehr oder weniger starke Verwitterungsrinde m. reichlichem Kaolin. Sehr mürbe. | I-II | 1) 2) 3) | — $\frac{K}{3,0Kd_{xIII;4}}$ W ₁ = 9,17 | — Sm II W ₂ = 10,05 |
| 140 | F. Sandebeck *) (Westfalen) B. Türme d. Kirche zu Marienmünster A. 200 J. | Weiß; feinkörnig; Qk _{x3-4} Sehr reichlich zersetzter Feldspat. Geringfügiges, toniges Porenzement. Gestein von mäßiger Festigkeit. Anm.: Das Baumaterial ist auch im Innern der Werkstücke mürber als das frische Bruchgestein, also wohl nicht vollkommen identisch mit demselben. | Gelblich-weiß mit Rostflecken; zieml. stark abgewittert; im Innern geringe Festigkeitsverminderung. | II | 1a) 1b) 2) 3) | 97,65 — $\frac{K}{0,2(Kd_6)}$ W ₁ = 5,34 | 1,03 44,40 Sm I W ₂ = 5,35 |
| 141 | F. Horn *) (Lippe-Detmold) B. Evangelische Christuskirche zu Bochum A. 16 J. | Weiß; feinkörnig; Qk _{x3-4} Geringfügiges, toniges Porenzement. Gestein von ziemlich geringer Festigkeit. | Durch Verwitterung teils rötlich-gelb, teils grünlich-gelb gefärbt, mit unregelmäßiger schwacher Verwitterungsrinde, ohne merkl. Festigkeitsverminderung. | III | 1a) 1b) 2) 3) | 97,08 — $\frac{K}{0,3(Kd_6)}$ W ₁ = 5,70 | 1,17 44,15 — W ₂ = 6,71 |
| 142 | F. Renfriezhausen (Württemberg) B. St. Anna-Kapelle z. Haigerloch †) A. 114 J. | Dunkelbraunrot; äußerst feinkörnig; Qk _{x6} Porenzement: tonig mit beträchtlichem Gehalt an Eisenoxyd. Festes Gestein mit reichlichen Feldspatkörnchen von grünlicher Farbe und spärlichem Eisenkies. | Schwache, glatte Verwitterungsrinde. Im Innern ziemlich fest. | II | 1a) 1b) 2) 3) | 78,93 — $\frac{K}{0,3(Kd_6)}$ W ₁ = 9,15 | 6,98 33,41 Sm X _{2xIII} W ₂ = 9,33 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf Seite 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|---------------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | 1,6% d.B. | 6,79 | — |
| Bz=2-6 | Bm = 0,25-0,72 | 4 d ₃ | P _{0;6} | π _{0;6} | k _{x4} | 4f ₁ ; 3ks; o | sg ₁ m ₂ | φ XXIV d | ζ _r w ₁ = c.31 |
| W _c = 10,97 | P = 22,42 | S ₁ = 0,61 | γ ₁ = 0,69 | — | — | K Kd ₆ ζ _r w ₁ ks Q (0,9 · 1,2 + 0,1 · 6,0 + 0,2) 1,03 = 1,94 (II) | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 10,41 | — |
| Bz=2-3 | Bm = 0,3-0,6 | 4 d _{x3} | P _{4;0} | π _{4;xIII} | — | 4f ₁ ; 2gl; 3ok | sg ₁ m ₁₋₂ | φ XXIII d | ζ _r w ₁ = 38 |
| W _c = 15,00 | P = 17,08 | S ₁ = 0,67 | γ ₁ = 0,81 | — | — | K P _{4;0} Kd _{xIII;4} P _{4;0} 0,7 (1 - 0,12) + 0,3 (2,75 - 0,13) ζ _r w ₁ Q + 0,15 = 1,55 (I-II) | | | |
| 0,80 | 0,06 | — | — | 0,18 | — | — | — | 2,32 | 0,87 |
| 34,48 | 2,59 | — | — | 7,76 | — | — | — | — | — |
| Bz=3-5 | Bm = 0,20-0,42 | 3 d ₂ | P _{0;6} | π _{0;6} | k _{x4} | — | sg ₁ m ₃ | φ XXX | ζ _r w ₁ = 31 |
| W _c = 9,44 | P = 20,00 | S ₁ = 0,57 | γ ₁ = 0,71 | — | — | K Kd ₆ 0,8 · 1,5 + 0,2 · 4,1 ζ _r w ₁ Q + 0,15 = 2,17 (II ₁₇) | | | |
| 0,80 | 0,06 | 0,09 | | 0,23 | — | — | — | 2,65 | 0,40 |
| 30,19 | 2,26 | 3,40 | | 8,68 | — | — | — | — | — |
| Bz=5-7 | Bm = 0,70-0,85 | — | P _{0;6} | π _{0;6} | k _{x4} | — | sg ₁ m ₀ | φ XXV b | ζ _r w ₁ = 30 |
| W _c = 10,49 | P = 21,74 | S ₁ = 0,64 | γ ₁ = 0,64 | — | — | K Kd ₆ Q 0,6 · 1,2 + 0,4 · 6 = 3,12 (III ₁₂) | | | |
| 5,85 | 2,99 | 0,58 | | 2,77 | — | — | Spur | 20,89 | Spur |
| 28,01 | 14,31 | 2,78 | | 13,26 | — | — | — | — | — |
| Bz=2-4 | Bm = 0,18-0,60 | 2 d ₂ | P ₄ | π _{xIII} | — | 4f ₃ ; 3-4e; 2 ks; t | sg ₂ m ₂ | φ VIII (IX) d | ζ _r w ₁ = 53 |
| W _c = 12,28 | P = 24,51 | S ₁ = 0,76 | γ ₁ = 0,83 | V = 1,2 | — | K P ₄ Kd ₆ P ₄ 0,7 (1,2 - 0,2) + 0,3 (2,6 - 0,27) S ₁ V Q - 0,1 + 0,6 = 1,89 (II) | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 143 | F. Maulbronn *) (Neckarkreis) B. Sockel am Landgerichtsgebäude zu Hechingen A. 19 J. | Grünlich-gelb, kirschrot geflammt; sehr feinkörnig. Porenzement: tonig, m. pulverförmigem Eisenoxyd. Mittelfestes Gestein mit zieml. reichlichen Feldspatkörnchen und desgl. Eisenkies. | Stellenweise stark verwittert, z. T. noch ziemlich fest. | IV z. T. V | 1a) 82,00 1b) — 2) K (Kd ₃ ; 4) 3) W ₁ = 6,2 | 6,90 38,85 Sm V _z 3-4 Bi 1-2 W ₂ = 6,8 | |
| 144 | F. Ottenhausen bei Lage *) (Lippe-Detmold) B. Plattendurchlaß der Eisenbahnstrecke Herford-Detmold A. 20 J. | Gelblich-grau; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: zeolithisch. Wenig festes, schichtiges Gestein mit zieml. reichlichen, zersetzten Feldspatkörnchen. | Die Farbe ist in gelb umgewandelt, auch zeigt das Gestein rostfarbige Schichtstreifen und völlig zersetzte Feldspatkörnchen. Beträchtl. Zerstörung durch schichtige Abblätterung. | IV-V | 1a) 88,11 1b) — 2) Kd _{xIV} 0,4K 3) W ₁ = 9,4 | 4,00 33,22 Sm II-III _{z4} Bi 1-4 W ₂ = 10,19 | |
| 145 | F. Seebergen bei Gotha B. Bahnunterführung der Eisenbahnstrecke Weißenfels-Neudietendorf †) A. 45 J. | Gelb mit rostfarbenen Streifen; sehr feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: tonig, schwach silifiziert. Gestein von mittlerer Festigkeit. | Beträchtliche Oberflächenverwitterung; im Innern geringe Festigkeitsverminderung. | III | 1a) 87,51 1b) — 2) Kd _{4;6} 0,2(K) 3) W ₁ = 7,80 | 3,59 29,35 Sm II-(III) _{z4} Bi 1-4 W ₂ = 8,11 | |
| 146 | F. Seebergen bei Gotha B. Bahnunterführung der Eisenbahnstrecke Weißenfels-Neudietendorf ††) A. 45 J. | Hellgelb, mit dunklen Rostflecken; feinkörnig; grobporig; Qk _{x3-4} . Porenzement: kaum merklich silifiziert. Wenig festes Gestein. | Sehr stark abgewitterte Profile. Defekt betr. ca. 1 1/2 cm. Ziemlich mürbe. | IV | 1a) 88,97 1b) — 2) Kd _{4;6} 0,2(K) 3) W ₁ = 7,63 | 4,13 37,79 Sm II-III _{z4} Bi 1-4 W ₂ = 8,14 | |
| 147 | F. Steinstedt bei Börßum B. Lokomotivschuppen zu Börßum †) A. 36 J. | Grau, feinkörn.; Qk _{x3-4} . Porenzement: schwach silifiziert. Wenig festes, unendlich geschichtetes Gestein mit spärlich eingelagerten kohligen Partien und Glimmerblättchen. | Die glatte Verwitterungsrinde zeigt beträchtl. Abblätterung. Das Gestein ist mürbe u. mehlig. | IV | 1a) 97,72 1b) — 2) Kd ₄ 0,2(K) 3) W ₁ = 11,65 | 0,70 30,70 Sm I W ₂ = 11,80 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf Seite 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 6,48 36,07 Bz=2-3 W _c =8,95 | 2,05 11,60 Bm = 0,20-0,30 P = 19,24 | 0,22 1,25 4 d ₃ S ₂ = 0,76 | — — P _{5;0} r ₂ = 0,53 | 1,02 5,27 π _{xIV;5} — | — — — — | — — { 3 f ₂ ; ks; 2-3 t; o sg ₃ m ₃ | 0,37 2,1 K P _{5;0} Kd P _{5;0} ((0,5(1,4 - 0,09) + 0,5(2,95 - 0,09)) Sm V Sη ks Q 1,27 + 1,3) 1,08 = 4,26 (IV ₂₀) | 17,67 — φ XVI/ XIII d | Spur — — ζ _r w ₂ = 38 |
| 3,57 29,65 Bz=3-5 W _c = 12,43 | 1,27 10,55 Bm = 0,20-0,40 P = 24,44 | 0,22 1,82 — S ₂ = 0,82 | — — P _{0;4} r ₂ = 0,76 | 1,90 15,78 π _{xIV} — | — — k _{x4} — | — — 3 f ₁₋₂ sg ₂₋₃ m ₂₋₃ | — — — K P _{0;4} K P _{0;4} [0,6(3,3 - 0,15) + 0,4(1,5 - 0,2)] Sm II-III Sη Q 1,1 + 1,8 = 4,45 (IV-V); r (IV) | 12,04 — — φ XXIII/ XXV cd | 0,66 — — — ζ _r w ₂ = 29 |
| 2,71 22,16 Bz=3-5 W _c = 10,26 | 1,21 9,89 Bm = 0,41-0,63 P = 21,29 | 1,46 11,94 1 d ₁₋₂ S ₂ = 0,79 | Spur — P _{0;5} r ₂ = 0,78 | 0,73 5,97 π _{xIV} — | 1,14 9,32 k _{x4} — | Spur — 3 t; 2 o sg ₂ m ₃ | — — — K P _{0;5} K P _{0;5} [0,8(3,8 - 0,08) + 0,2(1 - 0,06)] Sm II, III ζ _r w ₂ Sη Q 1,1 - 0,4 + 0,4 = 3,48 (III-IV); r (III) | 12,23 — — φ XVIII/ XIX c | 0,49 — — — ζ _r w ₂ = 41 |
| 4,06 37,15 Bz=3-4 W _c = 11,01 | 0,30 2,74 Bm = 0,44-0,65 P = 22,43 | 0,21 1,92 — S ₂ = 0,79 | 0,17 1,55 P _{0;5} r ₂ = 0,78 | 0,45 4,12 π _{xIV} — | — — k _{x4} — | Spur — 2 o sg ₁ m ₁ | — — — K P _{0;5} K P _{0;5} Sm I-II Q [0,8(4,9 - 0,1) + 0,2(1,5 - 0,1)] 1,1 = 4,53 (IV-V); r (IV) | 10,93 — — φ XVII d | 0,35 — — — ζ _r w ₂ = 38 |
| 0,35 17,98 Bz=3-5 W _c = 14,75 | 0,41 15,35 Bm = 0,30-0,50 P = 28,03 | — — 1-2 d ₁ S ₁ = 0,8 | Spur — P _{0;4} r ₁ = 0,71 | 0,34 14,91 — — | — — k _{x4} — | — — 2 gl; k o sg ₁ m ₁ | — — — K P _{0;5} K P _{0;5} Sη Q 0,8(3,2 - 0,15) + 0,2(1,4 - 0,2) + 1,3 = 3,98 (IV) | 2,28 — — φ XVII d | 0,44 — — — ζ _r w ₁ = c.30 |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----|
| Nr. 148 bis 151: Sandsteine (Schwarzer) | | | | | | | |
| 148 | F. Echternach od. Bollendorf *) (Rheinland) B. Sauerbrücke bei Echternach A. 225 J. | Gelblich-grau; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement mit Kalkspat durchwachsen. Gestein von mäßiger Festigkeit mit spärlichem, zersetztem Feldspat u. kleinen Körnchen von schwarzer Farbe. | Gestein ziemlich mürbe, aber ohne beträchtl. Verwitterungsrinde. | IB-C bis I | 1a) 91,18 1b) — 2) K 3) $\frac{0,25(Kd_4)}{W_1=6,2}$ | 0,95 10,03 — W ₂ =6,87 | |
| (Brauner) | | | | | | | |
| 149 | F. Porta Westfalica *) B. Dom zu Minden A. 500 bis 900 J. | Gelb mit großen Rostflecken; grobkörnig; stark kavernös; Qk _{x3} . Porenzement: stark kieselig. Festes Gestein. | Starke, aber ziemlich feste Verwitterungsrinde; auch im Innern hat das Gestein an Festigkeit nicht erheblich verloren. | I | 1) — 2) K 3) $\frac{0,1(Kd_2)}{W_1=5,31}$ | — Sm X ₂₂ W ₂ =5,70 | |
| 150 | F. Gehnberg bei Ueffeln (Hannover) *) B. Kirche zu Bramsche (Kr. Bersenbrück) A. 350 J. | Gelblich-gran m. gelben Schichtstreifen; feinkörnig; teils feinporig, teils kavernös; Qk _{x3-4} . Porenzement: stark ockerig und schwach silifiziert. Sehr festes und sehr vollkommen dünnschichtiges Gestein. | Bindemittel stark ausgewaschen. Auf den Schichtflächen starke Lagen von Eisenocker. Im Innern ist das Gestein noch vollkommen fest. | I bis I-II | 1a) 93,36 1b) — 2) K 3) $\frac{0,05(Kd_2)}{W_1=1,30}$ | 1,62 22,88 Sm I W ₂ =1,52 | |
| 151 | F. Porta Westfalica *) B. Ufermauern am linken Ufer der Weser unterhalb der Brücke zu Minden A. 70 J. | Gelb m. großen dunkelbraunen Rostflecken; ungleichmäßig grobkörnig; grobporig bis stark kavernös; Qk _{x3} . Porenzement: ockerig u. ziemlich stark silifiziert. An den Kanten mürbe, im ganzen aber festes Gestein. | Zum Teil stark höckerige Verwitterungsrinde m. 1,4 cm tiefen Löchern. Gestein an den Kanten sehr mürbe, im Innern aber noch ziemlich fest. | II | 1a) 87,74 1b) — 2) Kd ₂ 3) $\frac{0,1(K)}{W_1=9,12}$ | 2,17 17,03 — W ₂ =9,53 | |

Nr. 120, 153, 154: Sandsteine

| | | | | | | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--|
| 120 | F. Angeblich Neu-Weilnau (H.-N.)* Anm.: Das Gestein ist durchaus gleichartig mit dem vom Vilbel (Rotliegendes) B. Burg, jetzt Försterei, zu Neu-Weilnau A. 500 J. | Ziegelrot mit viel pulverförmigem Eisenoxyd, reichlichem, authigenen Quarz und etwas Eisenkies. Gleichartig mit Nr. 119. | Glatte, nicht beträchtliche Verwitterungsrinde; d. Ecken an den Quadern etwas abgerundet; im Innern zieml. mürbe. | I | 1) — 2) K 3) $\frac{0,1(Kd_2)}{W_1=5,16}$ | — Sm X ₂₇ W ₂ =5,56 | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--|

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779—780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|---------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------|
| der Jura-Formation | | | | | | | | | |
| Jura) | | | | | | | | | |
| 0,56 | 0,23 | 2,12 | 1,56 | 0,22 | 3,39 | — | — | 9,47 | Spur |
| 5,91 | 2,43 | 22,39 | 16,47 | 2,32 | 35,80 | — | — | — | — |
| Bz=4-6 | Bm = 0,55-0,80 | 2 d ₁ | $\frac{P_0}{P_4; cc}$ | $\pi_4; cc$ | k _{x4} | 2 f ₂ ; 3 cc | sg ₃ m ₃ | φ XVII d | $\zeta, w_3 = c.38$ |
| W _c = 8,85 | P = 19,1 | S ₃ = 0,78 | $\gamma_3 = 0,85$ | — | $\frac{K \quad Kd_4 \quad P_4; cc \quad S\eta \quad Q}{0,75 \cdot 0,68 + 0,25(2,75 - 0,33) + 0,7 = 1,82}$ (I-II: II); r (I B-C: I) | | | | |

| | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------|---------------------|
| Jura) | | | | | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 20,02 | — |
| Bz=2-4 | Bm = 0,1-0,35 | 2 d ₂ | p ₂ | $\pi_0; i_2$ | k _{x3} | 2-3 cc; 4-5 o | sg ₀ m ₂₋₃ | φ XXII b | $\zeta, w_1 = 98$ |
| W _c = 8,79 | P = 19,48 | S ₁ = 0,65 | $\gamma_1 = 0,87$ | V = 1,4 | $\frac{K \quad p_2 \quad Kd_2 \quad \zeta, w_1 \quad V \quad Q}{0,9(1,6 - 0,6) + 0,1(2,5 - 0,5) - 0,3 + 0,3 = 1,1 \text{ (I)}}$ | | | | |
| 1,76 | 2,14 | 0,14 | Spur | 0,61 | — | Spur | — | 7,08 | 0,40 |
| 24,85 | 30,23 | 1,98 | — | 8,62 | — | — | — | — | — |
| Bz=5-6 | Bm = 0,3-0,6 | 1 d ₁ | p ₄ | $\pi_5; e$ | k _{x4} | 3 ok | sg ₄ m ₄ | φ XIII/XXI b | $\zeta, w_1 = c.71$ |
| W _c = 2,07 | P = 5,24 | S ₁ = 0,73 | $\gamma_1 = 0,87$ | V = 1,45 | F = 0,89 | $\frac{K \quad p_4 \quad Kd_2 \quad p_4 \quad \zeta, w_1}{0,95(1,2 - 0,3) + 0,05(2,2 - 0,27) - 0,2}$ $\frac{V \quad Q}{+ 0,45 = 1,2 \text{ (I: I-II)}}$ | | | |
| 2,46 | 5,63 | 0,45 | | 0,34 | — | Spur | ger. Spur | 12,47 | 0,40 |
| 19,31 | 44,19 | 3,53 | | 2,67 | — | — | — | — | — |
| Bz=1-3 | Bm = 0,15-0,60 | 2 d ₁₋₂ | p _{5; o} | $\pi_5; o$ | k _{x3} | 4 o; ok | sg ₀ m ₀ | φ XXVI b | $\zeta, w_3 = 36$ |
| W _c = 12,21 | P = 24,63 | S ₃ = 0,78 | $\gamma_3 = 0,72$ | $\frac{Kd_2 \quad p_5; o \quad K \quad p_5; o \quad S\eta \quad Q}{0,9(2,3 - 0,09) + 0,1(1,4 - 0,09) + 1,0 = 3,12 \text{ (III); r (II)}}$ | | | | | |

der Devon-Formation

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------|-----------------------|-------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------|-------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | 1,14% d.B. | 23,99 | — |
| Bz=3-4 | Bm = 0,3-0,5 | 1 d ₂ | p _{4; o} | $\pi_4; o$ | k _{x4} | 1 f ₂ ; 2 ks; 4 o; q | sg ₂ m ₂₋₃ | — | $\zeta, w_1 = 49$ |
| W _c = 8,64 | P = 18,70 | S ₁ = 0,64 | $\gamma_1 = 0,84$ | — | $\frac{K \quad p_4; o \quad Kd_2 \quad p_4; o \quad ks \quad Q}{[0,9(1,1 - 0,17) + 0,1(2,0 - 0,13)] 1,02 = 1,04 \text{ (I)}}$ | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 153 | F. Boussier bei Chôdes (Rheinland) *) B. Kathol. Kirche zu Malmedy A. 107 J. | Grauweiß, ungleichmäßig fein-bis sehr grobkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Deutlich geschichtetes, festes Gestein. | Namentlich an exponierten Bauteilen nicht unerhebliche Verwitterung. Im Innern ohne beträchtliche Festigkeitsverminderung. | I-II | 1 a) 1 b) 2) 3) | 74,34 — Kb _{xI} W ₁ =1,40 | 11,23 43,11 Sm VIII _z xI W ₂ =1,58 |
| 154 | F. Bei Haan (Rheinland) B. Wegeunterführ. der Eisenbahnstrecke Hochdahl-Haan-Vohwinkel †) A. 55 J. | Graugelb; grobkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: ziemlich schwach silifiziert. Deutlich geschichtetes, mittelfest. Gestein. | Ziemlich beträchtliche Verwitterung; reich an rostgelben, zersetzten Körnern. Gestein im Innern teils fest, teils ziemlich mürbe. | II-III z. T III | 1 a) 1 b) 2) 3) | 77,76 — Kd _{xII} W ₁ =3,52 | 5,19 22,33 Sm VI _z xII W ₂ =3,89 |

Nr. 155 bis 172: Sandsteine

| | | | | | | | |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 155 | F. BorbecksKule*) (Rheinland) [Feste untere Lage] B. Türme der Abteikirche zu Werden an der Ruhr A. 1000 J. | Grau; sehr grobkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: kieselig. Sehr festes Gestein. | Verhältnismäßig nicht sehr beträchtliche Verwitterungsrinde; Gestein noch ziemlich fest. Die schlechter erhaltenen Steine stammen aus der oberen Lage des Bruches. | IA | 1 a) 1 b) 2) 3) | 93,62 — K W ₁ =0,90 | 2,45 34,95 Sm I _z γ W ₂ =0,98 |
| 152 | F. Obere Ruhrgegend, vermutl. Herdecke oder Sprockhövel (Kr. Hagen) B. Schloß und Kapelle zu Hütkeswagen ††) A. 600 J. | Grünlich-grau; sehr feinkörnig u. feinporig; Qk _{x3-4} . Porenzement: stark silifiziert. Grauwackenartiges, schichtiges, sehr festes Gestein. | Zum Teil beträchtliche Verwitterung mit starken Rostflecken auf d. Spaltflächen und erhebliche Festigkeitsverminderung; zum Teil unbedeutende Verwitterung u. geringe Einbuße der Festigkeit. | IC-I z. T I-II | 1 a) 1 b) 2) 3) | 74,77 — K W ₁ =0,32 | 4,39 17,34 Sm III-(V) W ₂ =0,35 |
| 156 | F. Ibbenbüren *) (Westfalen) B. Kathol. Kirche zu Meppen A. 500 J. | Grau; grobkörnig mit großen Quarzit- und Kieselschiefergeröllen; d. Poren m. Eisenockerüber-rindet; Qk _{x3-4} . Porenzement: teils stark silifiziert, teils rein ockerig. Festes Gestein mit spärlichen Kohlepartikeln. | Schwache, etwas narb. Verwitterungsrinde. Gestein noch vollkommen fest. | IB bis IC | 1 a) 1 b) 2) 3) | 89,98 — K W ₁ =3,15 | 4,17 41,08 Sm II-(III) W ₂ =4,96 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf Seite 779-780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------------|----------------|--------|--------|--------------------------------|------------|------------------------------------|
| 11,32 43,45 | 0,80 3,07 | 0,30 1,15 | | 0,90 3,46 | — — | — — | — — | 26,05 — | Spur — |
| Bz=1-3 W _c =3,10 | Bm = 0,2-0,35 P = 7,72 | — | [p] P ₃ | — | — | — | sg ₃ m ₃ | — | ζ _r w ₁ = 78 |
| Kb _{xI} Q 1,5 = 1,5 (I-II) | | | | | | | | | |
| 8,78 37,78 | 4,05 17,43 | 0,92 3,96 | | 1,54 6,63 | — — | — — | — — | 23,24 — | Spur — |
| Bz=1-4 W _c =5,19 | Bm = 0,15-0,60 P = 12,32 | — | P ₄ | π ₄ | — | — | sg ₂ m ₃ | φ XX d | ζ _r w ₂ = 39 |
| Kd _{xII} P ₄ Sm VI _z xII Sγ Q (2,2 - 0,27) 1,25 + 0,75 = 3,16 (III); r (II-III) | | | | | | | | | |

der Steinkohlen-Formation

| | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------|----------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|------------|--------------------------------------|
| 2,29 32,67 | 0,32 4,26 | 0,31 4,42 | | 0,89 12,70 | — — | — — | — — | 7,01 — | Spur — |
| Bz=4-7 W _c =1,49 | Bm = 1,0 P = 3,79 | — | [p] | — | k _{x4} | — | sg ₀ m ₁ | φ XXIII a | ζ _r w ₁ = 129 |
| K ζ _r w ₁ Q 0,4 - 0,1 = 0,3 (I A) | | | | | | | | | |
| 6,84 27,01 | 5,03 19,86 | 2,31 9,12 | 1,47 5,81 | 1,44 5,69 | 3,43 13,55 | — — | — — | 25,32 — | Spur — |
| Bz=3-5 W _c =0,45 | Bm = 0,4-0,76 P = 1,23 | 1 d ₂ | [p] | π ₂ | k _{x4} | — | sg ₁ m ₁ | — | ζ _r w ₁ = c.95 |
| K Kd _{x1} Sm III(V) ζ _r w ₁ (0,9 · 1 + 0,1 · 1,6) 1,12 - 0,3 Sγ Q + 0,9 = 1,8 (I-II: II) | | | | | | | | | |
| 3,84 37,83 | 0,20 1,98 | 0,12 1,18 | | 1,02 10,05 | — — | Spur — | — — | 10,15 — | 0,50 — |
| Bz=2-5 W _c =7,54 | Bm = 0,30-0,84 P = 17,04 | — | Pγ; 4 | πγ; 4 | k _{x4} | { 1 ks; ok; 2 ko; 2-3 q | sg ₁ m ₁ | φ XXIII c | ζ _r w ₁ = 97 |
| K Pγ; 4 Kγ Pγ; 4 ζ _r w ₁ Q 0,95 (1 - 0,4) + 0,05 (1,15 - 0,4) - 0,1 = 0,51 (I B) | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 157 | F. Dortmund (*) B. Reinoldi-Kirche zu Dortmund A. ca. 500 J. | Grau, zum Teil grünlich-grau; grobkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Sehr festes Gestein, mit zieml. zahlreichen Feldspatkörnchen und spärlichen Kohlepartikeln. | Ziemlich beträchtl. rostfarbene Verwitterungsrinde; Feldspatkörnchen stark zersetzt und zum Teil ausgenagt. Festigkeit merklich verringert. | I | 1a) 90,90 1b) — K 2) $\frac{K}{0,1(K\gamma); 0,1(Kd_{xIII})}$ 3) $W_1=1,47$ | 3,22 35,01 Sm II— (III) _{zγ;xIII} $W_2=1,63$ | |
| 158 | F. Herdecke a. d. Ruhr *) B. Alte reform. Kirche z. Wetter a. d. Ruhr A. 550 bis 600 J. | Grau; grobkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: stark silifiziert. Deutlich geschichtetes, sehr festes und hartes Gestein, mit geringem Gehalt an zersetzten Feldspatkörnchen und Kohlepartikeln. | Beträchtliche rostfarb. Verwitterungsrinde. Feldspatkörnchen stark zersetzt. Festigkeit merklich vermindert. | I bis I—II | 1) — 2) K $\frac{K}{0,4(Kd_{xII})}$ 3) $W_1=1,12$ | — Sm III— IV _{zxII} Bi 1—5 $W_2=1,26$ | |
| 159 | F. Plötzky (Prov. Sachsen) B. St. Marienkirche zu Barby †) A. ca. 380 J. | Grünlich-weiß m. Roststreifen; fein- bis feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Festes Gestein mit spärlichem Eisenkies. | Ziemlich starke höckerige Abwitterung; im Innern aber noch vollkommen fest. | I—II | 1) — 2) K $\frac{K}{0,4(Kd_{xIV})}$ 3) $W_1=2,55$ | — Sm I; z _{xIV} $W_2=3,21$ | |
| 160 | F. Kirn (Rheinland) B. Burgruine †) A. Über 450 J. | Rotgrau und weiß gefleckt; grobkörnig; Poren zum Teil mit Gemenge von Eisenoxyd u. Eisenocker erfüllt. Porenzement: ziemlich stark silifiziert und mit Kalkspat imprägniert. Sehr festes Gestein. | Starke höckerige Verwitterungsrinde; im Innern aber noch vollkommen fest. | I—II | 1a) 74,82 1b) — K 2) $\frac{K}{0,3(Kd_{xII}; cc)}$ 3) $W_1=5,89$ | 6,49 25,60 — $W_2=6,04$ | |
| 161 | B. Bevergern (Westfalen) B. Dom zu Münster ††) A. ca. 700 J. | Grauweiß, unregelmäßig rostgelb gestreift; feinkörnig; Qk _{x3} . Porenzement: mäßig silifiziert. Deutlich geschichtetes, festes Gestein, zum Teil kavernös, mit Tongallen auf den Schichtflächen. | Starke höckerige Verwitterungsrinde; im Innern aber noch vollkommen fest. An m.: Das eingesandte frische Bruchgestein ist von namhaft geringerer Festigkeit als das alte Baumaterial. | I | 1a) 92,55 1b) — K 2) $\frac{K}{0,3(Kd_3)}$ 3) $W_1=3,94$ | 2,60 34,62 Sm XIII; XIV $W_2=4,07$ | |

†) Für die kompakten, kieseligen Sandsteine der Steinkohlenformation (Porositätskoeffizient (s. Anmerkung zur 3. Ergänzungs-

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779—780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 3,33 | 0,44 | 0,29 | 0,97 | — | — | — | — | 9,20 | Spur |
| 36,19 | 4,78 | 3,15 | 10,54 | — | — | — | — | — | — |
| Bz=3—5 | Bm = 0,40—0,65 | — | p _{xIII} | π _{xIII} ; 3 | k _{x4} | 4q; 3f ₂ ; 2k ₀ | sg ₀ m ₀ | φ XXIII d- XXIV d | ζ _r w ₁ = 52 |
| W _c =2,21 | P = 5,51 | S ₁ = 0,74 ¹⁾ | η ₁ = 0,82 | — | — | $\frac{K}{0,8(1-0,33)} + \frac{p_{xIII}}{0,1(1,15-0,33)} + \frac{Kd_{xIII}}{0,1(2,5-0,36)} + 0,12 + 0,225 = 1,17 \text{ (I)}$ | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 29,78 | — |
| Bz=3—5 | Bm = 0,25—0,68 | 1 d ₂₋₃ | p ₂ | π _{xII} ; 2 | k _{x4} | 2 f ₂₋₃ ; cc | sg ₂ m ₃₋₄ | φ X b | ζ _r w ₁ = 59 |
| W _c =1,67 | P = 4,28 | S ₁ = 0,76 ¹⁾ | η ₁ = 0,85 | V = 1,3 | — | $\frac{K}{0,6(1,2-0,45)} + \frac{p_2}{0,4(2,2-0,47)} - 0,2 + 0,3 = 1,32 \text{ (I: I—II)}$ | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | 1,6% d. B. | 7,87 | — |
| Bz=4—6 | Bm = 0,56—0,85 | — | p ₄ | π ₄ | k _{x4} | 2ks; 1—2o | sg ₂ m ₂ | φ XX/II d | ζ _r w ₁ = 54 |
| W _c = 5,81 | P = 13,15 | S ₁ = 0,55 | η ₁ = 0,79 | $\frac{K}{[0,6(0,75-0,2)] + 0,4(2,8-0,24) - 0,12} + \frac{p_4}{1,06} = 1,31 \text{ (I: I—II)}$ | | | | | |
| 5,81 | 1,93 | 3,67 | 1,52 | 1,07 | 3,21 | — | — | 25,35 | Spur |
| 22,92 | 7,61 | 14,48 | 6,00 | 4,22 | 12,66 | — | — | — | — |
| Bz=2—4 | Bm = 0,2—0,45 | 1 d ₂ | p ₃ | π ₃ ; cc | — | f ₁ f ₃ ; 2-3o; ok; 4cc; t | sg ₀ m ₀ | φ XIII d | ζ _r w ₁ = 60 |
| W _c =8,27 | P = 18,12 | S ₁ = 0,73 | η ₁ = 0,8 | V = 1,3 | — | $\frac{K}{0,7(1,4-0,44)} + \frac{p_3}{0,3(2,3-0,38)} - 0,2 + 0,45 = 1,5 \text{ (I—II)}$ | | | |
| 2,48 | 0,90 | — | 0,10 | 0,54 | — | — | — | 7,51 | 0,13 |
| 33,02 | 11,98 | — | 1,33 | 7,19 | — | — | — | — | — |
| Bz= $\frac{3-5}{2-3}$ | Bm = $\frac{0,45-0,77}{0,2-0,45}$ | $\frac{1 d_{2-3}}{2 d_{1-3}}$ | p ₃ | π ₃ | k _{x3} | 2ok; us ₃ [ts | sg ₄ ; m ₃ ; 4 | φ XX d | ζ _r w ₁ = 43 |
| W _c =6,73 | P = 15,12 | S ₁ = 0,61 | η ₁ = 0,72 | — | — | $\frac{K}{0,7(0,9-0,33)} + \frac{p_3}{0,3(2,3-0,38)} = 0,98 \text{ (I)}$ | | | |

P < 6) ist die Frostbeständigkeitsziffer nur mit der Hälfte des Wertes in Rechnung zu stellen (tabelle für Schema 4 S. 462).

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 162 | F. Oberes Ruhrtal B. Schloßnebstkapelle z. Hückeswagen †) A. ca. 650 J | Rostgelb; sehr feinkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Schiefrißiges, sehr festes Gestein mit reichlichem Eisenocker und spärlichen Feldspatkörnchen. | Das Gestein ist im Innern noch sehr fest, zeigt aber zum Teil an der Oberfläche stärkere Abblätterungen. Anm.: Mit dem frisch. Bruchgestein nicht vollkommen identisch. | I z. T. I-II | 1) — 2) K 0,1(Kd ₂) 3) W ₁ = 2,92 | Sm VIz ₂ W ₂ = 3,72 | |
| 163 | F. Staudernheim *) (Rheinland) B. Große Simultan- kirche zu Sobernheim A. ca. 400 J. | Graugelb; fein- b. grobkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: mäßig silifiziert. Undeutlich geschichtetes, ziemlich festes Gestein mit reichlichen Körnern von zersetztem Feldspat, viel pulverförmig. Eisenocker und spärlichen Kohlepartikeln. | Das Sockelmaterial hat durch die Erdfeuchtigkeit u. vermutlich durch Frost beträchtlich gelitten. Starke Oberflächenverwitterung; beträchtl. Festigkeitsverminderung. | I-II | 1a) 80,72 1b) — 2) K 0,2(Kd ₃) 3) W ₁ = 4,95 | Sm Vz _{xII} : cc W ₂ = 5,51 | |
| 164 | F. An der Hardt bei Elberfeld B. Luth. Kirche z. Elberfeld ††) A. ca. 140 J. | Gelblich-grau; fein- bis kleinkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: größtenteils stark silifiziert. Deutlich geschichtetes, sehr festes grauackentartiges Gestein mit spärlichem Feldspat u. Kohlepartikeln nebst reichl. Körnern von Quarzit und Tonschiefer. | Einzelne Steine stark verwittert; anschein. durch Frost zerstört. | z. T. II-III | 1) — 2) K 0,3(Kd _{xII-III}) 3) W ₁ = 0,72 | Sm III— (IV)z _{II-III} W ₂ = 0,82 | |
| 165 | F. Barmen B. Evang. Kirche zu Barmen ††) A. ca. 100 J. | Grau mit rostgelben Punkten; feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Undeutlich geschichtetes, mittelfestes Gestein mit Körnern von verwittertem Feldspat und sehr spärlich. Kohlepartikeln. | Das Material zeigt bereits starke Oberflächenverwitterung und beträchtliche Festigkeitsverminderung. | III | 1) — 2) K 0,3(Kd _{xII-III}) 3) W ₁ = 0,56 | Sm VII—VIII z _{II-III} W ₂ = 0,67 | |
| 166 | F. Ruhrtal B. Rathaus zu Elberfeld ††) A. 60 J. | Grau mit rostfarbenen Pünktchen; unregelmäß. klein- bis grobkörnig; Qk _{x6} . Porenzement: ziemlich stark silifiziert. Undeutlich geschichtetes festes Gestein mit zersetzten Feldspatkörnchen und Kohlepartikeln. | Einz. Steine stark verwittert; anschein. durch Frost zerstört. | z. T. III | 1) — 2) 0,3(Kd _{xII-III}) 3) W ₁ = 2,50 | Sm II— IIIz _{II-III} Bi 1—3 (4—5) W ₂ = 2,71 | |
| 167 | F. Überruhr (Rheinland) B. Bahnhofs- gebäude A. 30 J. | Hellgrau; äußerst feinkörnig; Qk _{x3-4} . Porenzement: zieml. reichlich silifiziert. Unregelmäßig schichtiges bis schwach schiefrißiges Gestein mit sehr reichlichen Körnern von kaolinisiertem Feldspat und viel Kohlepartikeln. | Gesimse an der nördl. Seite blättern stark ab, anscheinend durch Frostwirkung. | z. T. III-IV bis IV | 1a) 84,12 1b) — 2) K 0,2(Kd _{xIII} ; 4) 3) W ₁ = 2,38 | Sm II W ₂ = 2,63 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 779—780.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|--------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|--------------------------------------|
| — | — | — | — | — | — | — | — | 31,64 | — |
| Bz=2-4 | Bm = 0,25-0,60 | — | P ₃ | — | — | 2 f ₂ ; 4 ok | sg ₂ m ₃ | φ XXIV b | ζ _r w ₁ =57 |
| W _c = 5,30 | P = 12,51 | S ₁ = 0,70 | η ₁ = 0,82 | — | F ₁ = 0,89 | K p ₃ Kd ₂ p ₃ [0,9 (1,2 - 0,39) + 0,1 (1,8 - 0,38)] Sm VIz ₂ ζ _r w ₁ Q 1,25 - 0,12 = 0,86 (IC-I) | | | |
| 5,73 28,72 | 2,42 12,13 | 1,06 5,31 | 0,73 3,65 | 1,31 6,57 | 1,63 8,17 | — | — | 19,95 | Spur |
| Bz=2-3 | Bm = 0,20-0,40 | — | p ₃ ; cc | π ₃ ; cc | — | { 4 f ₃ ; ok; 2-3cc; 2ko | sg ₁ m ₂ | φ XXI d | ζ _r w ₃ = 41 |
| W _c = 6,50 | P = 14,77 | S ₂ = 0,85 | η ₂ = 0,87 | V = 1,4 | — | K p ₃ ; cc Kd ₃ p ₃ ; cc Sm [0,8 (1,4 - 0,48) + 0,2 (2,7 - 0,43)] 1,1 S ₇ V Q + 0,85 = 2,16 (II); r (I-II) | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 18,57 | — |
| Bz=3-6 | Bm = 0,30-0,95 | — | p ₃ | π _{xII-III} | — | { 2 f ₁₋₂ ; ko 4 q; ts | sg ₂ m ₂ | φ XIII b | ζ _r w ₁ = 77 |
| W _c = 0,97 | P = 2,54 | S ₁ = 0,85 | η ₁ = 0,88 | V = 1,3 | — | K p ₃ Kd _{xII-III} p ₃ [0,7 (0,9 - 0,33) + 0,3 (2,5 - 0,37)] ζ _r w ₁ S ₇ V Q 1,15 - 0,23 + 1,60 = 2,56 (II-III) | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 27,29 | — |
| Bz=1-4 | Bm = 0,08-0,57 | 1 d ₁ | p ₄ | — | k _{x4} | 1f ₂ ; ko; 3cc | sg ₁ m ₂ | φ XII d | ζ _r w ₁ = c.43 |
| W _c = 0,81 | P = 2,20 | S ₁ = 0,83 | η ₁ = 0,76 | — | — | Sm VII— (VIII)z _{II-III} S ₇ V Q 2,1 + 1,05 = 3,15 (III ₁₅) | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 20,07 | — |
| Bz=3-5 | Bm = 0,32-0,64 | 1 d ₁₋₂ | p ₄ | π ₄ | — | 1f ₁ ; ko; o; cc | sg ₁ m ₂ | φ VIII d | ζ _r w ₁ = 56 |
| W _c = 3,35 | P = 8,19 | S ₁ = 0,81 | η ₁ = 0,72 | — | — | K p ₄ Kd _{xII-III} p ₄ SmII-III ζ _r w ₁ S ₇ V Q 0,7(1 - 0,25) + 0,3(2,25 - 0,26)1,06 - 0,12 + 1,95 = 3,00 (III) | | | |
| 6,58 40,97 | 1,32 8,22 | 0,37 2,30 | — | 1,31 8,16 | — | — | — | 16,06 | Spuren |
| Bz=3-6 | Bm = 0,38-0,82 | 1 d ₂₋₃ | p ₄ | π ₄ | k _{x4} | 5 f ₄ ; 4 ko | sg ₀ m ₀ | φ X d | ζ _r w ₁ = 52 |
| W _c = 3,09 | P = 7,62 | S ₁ = 0,85 | η ₁ = 0,81 | V = 1,2 | — | K p ₄ Kd _{xIII;4} p ₄ 0,8 (1,02 - 0,25) + 0,2 (2,7 - 0,25) ζ _r w ₁ S ₇ V Q - 0,1 + 3,7 = 4,7 (IV-V); r (IV) | | | |

XIX. Grauwacken-

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Nummer des Gesteins | F. Fundort d. Gesteins B. Bauwerk, an welchem der Wetterbeständigkeitsgrad des betr. Gesteins festgestellt worden ist A. Alter des Bauwerks | Petrographische Beschaffenheit des Gesteins | Verwitterungserscheinung des Gesteins an dem Kol. 2 unter B genannten Bauwerk | Beständigkeitsklasse des Gesteins nach Beobachtung an dem Kol. 2 B genannten Bauwerk | 1) Chem. Analyse: a) Auszug m. konz. HCl. b) desgl. mit konz. H ₂ SO ₄ c) % Berechnung v. a + b 2) Struktur, Farbungs-typ, Frostbeständigkeitskoeffizient, Bindungsfestigkeit. 3) Wasseraufnahme, Wasserverweichung, Verteilungskoeffizient | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ |
| | | | | | | Typus der Kornbindung | Schichtungstypus Sm |
| | | | | | | W ₁ Bei schnellem Ein-tauchen | W ₂ Bei langsamem Ein-tauchen |
| | | | | | | in % des Gesteins | |

1. Körnige a) Devon-

| | | | | | | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 176 | F. Angeblich Eitzelberg b. Breinig (Rheinland) B. Karolingisches Münster zu Aachen †) A. 1100 J. <small>Anm.: Das jetzige Bruchgestein ist mit dem Baumaterial nicht identisch.</small> | Sehr festes, mittelkörniges Gestein mit deutlicher Schichtung. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz, reichhellfarbiger Glimmer. Bindemittel: kieselig-tonig. | Geringe Spuren äußerer Verwitterung. Gestein im Innern ohne erhebliche Festigkeitsverminderung. | IA | 1 a + b) 1 c) 2) 3) | 8,26 36,81 K W ₁ =3,77 | 5,85 26,07 Sm I, XVz _x II-III W ₂ =4,04 |
| 178 | F. Angeblich Umgegend von Bergstein (Kr. Düren) B. Kirche zu Bergstein ††) A. 700, z. T. 89 J. <small>Anm.: Das gegenwärtige Bruchmaterial ist nicht vollkommen identisch mit d. Baumaterial.</small> | Ziemlich feinkörniges u. außerordentlich festes Gestein mit unvollkommener Schichtung. Körnige Bestandteile: vorwiegend grauvioletter Quarz, spärlich Glimmer. Bindemittel: kieselig-tonig. | Sehr unbedeutende Verwitterungsrinne. Gestein im Innern vollkommen fest. | IA | 1 a + b) 1 c) 2) 3) | 0,76 3,43 K W ₁ =0,28 | 8,61 38,84 Sm VIIz _γ (II-III) W ₂ =0,30 |

Anmerkung: Für die kompakten, kieseligen Grauwacken (Porositätskoeffizient $P < 6$) ist die zur 3. Ergänzungstabelle Zeichen-Erklärung zu Kol. 2: Die Untersuchungsergebnisse in Rubr. 6 bis 18 beziehen sich des genannten Gebäudes; †) auf das Baumaterial von den

Teil. Untersuchungen.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O + Na ₂ O | CO ₂ | Glühverlust | In HCl und H ₂ SO ₄ unlöslich. Rückstand | — | — | — |
| Reduzierte Kornbindungs-zahl Bz _r | Reduziertes Kornbindungsmaß Bm _r | Körnige Bestandteile | Akzessorische Gemengteile | Texturporen P ₀₋₆ ; x ₁₋₄ | Strukturporen π ₁₋₆ ; x ₁₋₄ | Grad der makro- (sg) und mikroskopischen (sm) Schichtung | Färbungstypus φ | Frostbeständigkeitskoeffizient F ₁₋₃ | Kornbindungs-festigkeit ζ _r w ₁₋₃ c. = Näherungswert |
| W _g Im Vakuum | W ₂ Bei 150 Atm. Druck | P Porositätskoeffizient in Vol.-% | S Sättigungskoeffizient | η ₁₋₃ Erweichungskoeffizient | V ₁₋₃ Verteilungskoeffizient | Wetterbeständigkeitsklasse des Gesteins nach Maßgabe der Bewertungs-Schemata S. 502 bis 506. (Q: Qualitätsziffer; r bedeutet reduziert nach Abs. 477, 1 bis 3). | | | |

Grauwacken Formation

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|------------|----------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------|---------------------------------------|
| 1,88 | 0,55 | 0,70 | 2,72 | 0,21 | 2,27 | 78,39 | — | — | — |
| 8,38 | 2,45 | 3,12 | 12,12 | 0,94 | 10,11 | — | — | — | — |
| Bz _r = 3-5 | Bm _r = 0,7-1,0 | Q (gl, ts) | — | P _x I(III) _γ | π _x I(III) _γ | sg ₁ sm ₂ | φ XX b | F ₁ = 0,97 | ζ _r w ₁ = c.98 |
| W ₀ = 5,01 | W ₀ = 5,67 | P = 12,98 | S = 0,71 | η ₁ = 0,9 | — | K P _x I(III) ζ _r w ₁ Q 0,4 - 0,12 + 0,1 = 0,38 (IA-B) | | | |
| 6,82 | 0,22 | 0,89 | 2,57 | 0,22 | 2,08 | 78,12 | — | — | — |
| 30,76 | 0,99 | 4,02 | 11,59 | 0,99 | 9,38 | — | — | — | — |
| Bz _r = 2-4 | Bm _r = 0,3-0,7 | Q (ts) | — | P _x γ(II-III) | π _x γ(II-III) | sg ₁ sm ₁₋₂ | φ VIII b | F ₁ = 0,97 | ζ _r w ₁ = c.129 |
| W ₀ = 0,32 | W ₀ = 0,36 | P = 1,36 | S = 0,80 | η ₁ = 0,92 | — | Sm VIIz _γ (II-III) ζ _r w ₁ Q 0,6 - 0,16 = 0,44 (IB) | | | |

Frostbeständigkeitsziffer nur mit der Hälfte des Wertes in Rechnung zu stellen (s. Anmerkung für Schema 4, S. 462).
*) auf frisches Bruchmaterial; †) auf das Baumaterial von den am besten erhaltenen Stellen am meisten verwitterten Stellen desselben.

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 179 | F. Angebl. Dillenburg (Hessen-Nassau) B. Schloßruine bei Dillenburg †) A. 700 J. | Feinkörniges, außerordentlich festes Gestein mit unvollkommener Schichtung. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz, untergeordnet Feldspat. Das reichliche Bindemittel stark kieselig. | Sehr geringe Verwitterungsrinde mit ockerigen Ausscheidungen. Gestein im Innern vollkommen fest. | IA | 1a+b) 1c) 2) 3) | 2,81 17,59 K W ₁ =0,47 | 2,21 13,83 Sm I-II z _{xI-II} W ₂ = 0,47 |
| 181 | F. Angeblich vom Weißberg bei Herborn (Hessen-Nassau) B. Obere Torbrücke bei Herborn (renov.) †) A. 300 J. Anm.: Das jetzt. Bruchgestein ist mit dem Baumaterial nicht identisch. | Kleinkörnig, mit vorwaltendem Quarz, verwittertem Feldspat, spärlich verkohlten Pflanzenresten und reichlichem tonigen Bindemittel. | Zum Teil gut erhalten, teilweise aber nichtunbeträchtliche Verwitterungsrinde und Verminderung der Festigkeit. | I-II z. T. II | 1a+b) 1c) 2) 3) | 0,87 4,26 K W ₁ =1,47 | 9,68 47,43 Sm I-II z _{xI-II} W ₂ = 1,51 |
| 183 | F. Silbertal bei Herzberg *) (Hannover) B. Mauer d. Sieberdammes b. Herzberg A. 150 J. | Sehr stark kieseliges, mittelkörniges, äußerst hartes und festes Gestein. Beim Zerschlagen Andeutung von Schichtung. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz, untergeordnet Feldspat. Das spärliche Bindemittel stark silifiziert. | Unbedeut. Spuren einer Verwitterungsrinde. Gestein im Innern vollkommen fest. | I | 1a) 1b) 1c) 2) 3) | 0,29 0,31 2,42 Kbβ; γ W ₁ =0,15 | 3,58 5,17 35,24 Sm VIII z _{βγ} W ₂ = 0,24 |
| 184 | F. Dillenburg (Hessen-Nassau) B. Schloßruine bei Dillenburg †) A. 700 J. Anm.: Das jetztige Bruchgestein ist mit dem Baumaterial nicht identisch. | Feinkörniges, sehr hartes und festes Gestein. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz, reichlich dunkle Kieselchieferbrocken. Bindemittel: kieselig-tonig. | Sehr geringe Verwitterungsrinde mit schwach ockeriger Ausscheidung. Gestein im Innern vollkommen fest. | IA-B | 1a+b) 1c) 2) 3) | 13,38 31,62 K W ₁ =0,40 | 9,20 21,74 Sm III z _γ ; xI-II W ₂ = 0,41 |
| 185 | F. Angeblich Blombach bei Ronsdorf (Rheinland) B. Evangel. Kirche zu Lennep ††) A. 140 J. Anm.: Das gegenwärtige Bruchgestein ist mit dem Baumaterial nicht identisch. | Dunkel-rauchgraues, sehr feinkörniges und sehr hartes Gestein: deutlich geschichtet mit Poren auf den Schichtflächen. Körnige Bestandteile: reichlich Quarz, spärlich Glimmer. Das reichliche Bindemittel kieselig-tonig. | Mehr oder weniger beträchtliche Verwitterungsrinde. | II z. T. I-II | 1a) 1b) 1c) 2) 3) | 0,34 0,18 2,40 Kd xI 0,2(K) W ₁ =1,23 | 3,39 6,83 47,16 Sm VII z _{xI} W ₂ = 1,33 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 839-840.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1,59 9,95 Bz _r = 3-5 | 3,48 21,78 Bm _r = 0,6-0,8 | 0,43 2,69 Q (gl) | 1,95 12,20 — | 1,84 11,51 p _{xI-II} | 1,67 10,47 π _{xI-II} | 84,74 — sg ₁ sm ₂ | — — φ VIII b | — — F ₁ = 0,94 | — — ζ ₁ w ₁ = c.102 |
| W _v =0,49 W _c = 0,87 P = 2,65 S = 0,54 η ₁ = 0,87 | | | | | | K p _{xI-II} Q 0,65 - 0,3 = 0,35 (IA-B) | | | |
| 0,40 1,96 Bz _r = 3-5 | 2,35 11,51 Bm _r = 0,3-0,6 | 1,03 5,05 Q (f) | 3,43 16,81 ko | 0,11 0,54 p ₀ ; xI-II | 2,54 12,44 π ₀ ; xI-II | 80,21 — sg ₀ sm ₁ | — — φ XII b | — — — | — — ζ ₁ w ₂ = c.92 |
| W _v =1,51 W _c = 1,56 P = 4,36 S = 0,97 | | | | | | K p ₀ ; xI-II ζ ₁ w ₂ S Q 1 - 0,2 - 0,35 + 1,2 = 1,65 (I-II) Betreffs Bewertung von S s. Anm. zum 3. Erg.-Schema S. 462. | | | |
| 3,67 0,33 16,11 — | 2,41 — 9,71 — | 2,17 0,47 10,63 Q | — 1,67 6,73 Fe ₃ O ₄ | 1,89 — 7,61 pβ; γ | 2,87 — 11,55 πβ; γ | 83,86 — 76,80 — | — — — φ XIII c | — — — F ₁ = 0,93 | — — — ζ ₁ w ₂ = c.82 |
| W _v =0,27 W _c = 0,33 P = 1,28 S = 0,72 η ₂ = 0,81 V ₂ = 1,5 | | | | | | Sm VIII z _{βγ} ; ζ ₁ w ₂ S V ₂ Q 0,4 + 0,12 + 0,4 = 0,92 (I); r (IC) | | | |
| 4,95 11,70 Bz _r = 3-4 | 4,54 10,73 Bm _r = 0,3-0,6 | 1,95 4,61 Q (q) | 2,74 6,47 ko | 3,04 7,18 p _γ ; xI-II | 2,52 5,95 π _γ ; xI-II; 2 | 58,35 — — sg ₁ sm ₁₋₂ | — — — φ XII b | — — — F ₁ = 0,93 | — — — ζ ₁ w ₁ = c.105 |
| W _v =0,52 W _c = 0,58 P = 1,92 S = 0,71 | | | | | | K p _γ ; xI-II ζ ₁ w ₁ Q 1 - 0,4 - 0,1 = 0,5 (IB) | | | |
| 3,79 0,84 21,37 — | 0,25 — 0,15 — | 0,25 0,22 2,17 Q (q, ts, gl) | 0,46 2,26 12,55 Fe ₃ O ₄ | 0,13 — 0,60 [p] | 2,73 — 12,60 π ₃ | 89,32 — 78,31 — | — — — φ XIX c | — — — F ₁ = 0,94 | — — — ζ ₁ w ₁ = c.44 |
| W _v =1,33 W _c = 1,88 P = 5,20 S = 0,71 η ₁ = 0,79 V ₁ = 1,2 | | | | | | Sm VII z _{xI} V ₁ Q 1,5 + 0,35 = 1,85 (I-II: II) | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 186 | F. Gerolstein B. Burg zu Lissingen bei Gerolstein †) A. ca. 150 J. | Feinkörniges, ziemlich dickschichtiges Gestein mit Ockerpunkten auf den Schichtflächen. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz, sehr spärlich Glimmer. Das reichliche Bindemittel kieselig-tonig und etwas ockerig. | Im allgemeinen unbedeutende, z. T. etwas stärkere Verwitterungsrinde. | I—II | 1a+b) 1c) 2) 3) | 9,40 32,86 K $W_1=0,69$ | 7,80 27,26 SmV $z_{xIII}; ts_2$ $W_2 = 0,79$ |
| 187 | F. An der unteren Ruhr B. Fabrikgebäude Gebr. Solsmann zu Langenberg ††) A. ca. 70 J. | Gelblich-grauer, feinkörniger, nicht sehr fester, grauackentartiger, kaverner Sandstein. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz, neben Tonschieferbrocken. Das reichliche tonige Bindemittel schwach silifiziert. | Auf der Wetterseite zeigt sich Verwitterung mit Abblätterung. | IV | 1a) 1b) 1c) 2) 3) | Spur 0,21 1,38 K $W_1=2,49$ | 0,92 6,82 50,99 SmV $z_{xII}; III$ Kd_3 $W_2 = 2,50$ |
| 188 | F. Norheim bei Kreuznach oder Kanzenberg B. Nahebrücke zu Kreuznach †) Anm.: Enthält verschied. Gesteinsmaterial. A. ca. 750 J. | Hellgraues, undeutlich geschichtetes, ziemlich poröses, feinkörniges, hartes Gestein. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz. Das spärliche tonige Bindemittel stark silifiziert. | Unbedeutende Verwitterungsrinde. | IA | 1a) 1b) 1c) 2) 3) | 0,14 0,21 2,01 Kb $W_1=5,22$ | 0,87 8,29 52,73 SmVIII $z_7; ts_2$ $W_2 = 5,64$ bei 10 tägiger Wasserlagerung = 6,35 |
| 189 | F. Lennetal zwisch. Altena u. Plettenberg bei Letmathe (Westf.)* B. Lennebrücke d. Stadt Altena A. Über 100 J. | Graues, feinkörniges, hartes, kompaktes Gestein. Auf den Schlagflächen Andeutung von Schieferung wahrnehmbar. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz. Das spärliche Bindemittel rein quarzig. | Oberflächlich rostfarben; sonst keine Verwitterung bemerkbar. | IC | 1a) 1b) 1c) 2) 3) | 0,33 0,28 3,61 K $W_1=0,11$ | 2,85 3,57 37,91 Sm I—II $z_7; xII$ $W_2 = 0,13$ bei 10 tägiger Wasserlagerung = 0,20 |
| 190 | F. Weldergoven (Kr. Siegburg) Anm.: Bereits verschütteter Feldbruch. B. Wegeunterführ. hinter Bahnhof Henne ††) A. 35 J. | Hellgraues, undeutlich krummschichtiges, stellenweise zieml. weiches, feinkörniges Gestein, mit schwarzen, kohligen Flecken. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz, spärlich Tonschiefer, sehr spärlich Glimmer. Das tonige Bindemittel im allgemeinen sehr weich und stellenweise schwach silifiziert. | Das Material ist bereits stark bröcklig. | V—VI | 1a) 1b) 1c) 2) 3) | 0,12 0,18 1,30 K $W_1=2,07$ | 1,68 8,17 42,70 Sm VI—VII $z_7; 4$ $0,4Kd_4$ $W_2 = 2,15$ bei 10 tägiger Wasserlagerung = 3,74 |

Anmerkung: Bei Gesteinen, welche zu Wegeunterführungen und Wasserbauten Verwendung gefunden haben, wird W_1 und W_2 (s. Kol. 7 und 8) nach 3 tägiger bzw. 10 tägiger Wasserlagerung bestimmt und hiernach

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 839—840.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|
| 3,93 13,74 $Bz_r = 2-4$ $W_0=0,89$ | 0,17 0,59 $Bm_r = 0,2-0,4$ $W_c = 1,01$ | 1,60 5,59 Q (ts, q, gl) P=3,01 | 3,65 12,76 — S=0,78 | 0,01 0,03 — $\eta_1=0,81$ | 2,05 7,17 — $V_1=1,4$ | 72,26 — — K $p_{xIII}; ts_2$ SmV SV_1 Q (1,4 — 0,53) 1,2 + 0,8 = 1,84 (I—II; II) | — — — — | — — — — | — — — $\zeta_r w_2 = c.82$ |
| 1,71 0,31 13,31 $Bz_r = 3-4$ $W_0=2,81$ | 0,21 — 1,38 $Bm_r = 0,2-0,4$ $W_c = 3,05$ | 0,64 0,23 5,73 Q (ts, q) P=7,48 | 0,39 1,12 9,95 ok S=0,82 | 0,18 — 1,19 p $_{xII}; 3$ $\eta_1=0,7$ | 2,44 — 16,07 $\pi_{xII}; 3$ $V_1=1,7$ | 93,77 84,84 — sg $_2$ sm $_2$ φ XXI c $F_1 = 0,82$ K $p_{xII}; 3$ Kd_3 p $_3$ [0,5 (1,5 — 0,55) + 0,5 (2,8 — 0,4)] SmV z_{2-3} S η V_1 Q 1,22 + 2,6 = 4,64 (IV—V) | — — — — | — — — — | — — — $\zeta_r w_1 = c.78$ |
| 1,84 0,23 11,92 — $W_0=5,99$ =6,52 | 0,42 — 2,42 — $W_c = 7,84$ = 8,13 | 0,12 0,10 1,27 Q (ts, gl) P=17,11 | 0,32 1,19 8,69 — S=0,72 = 0,78 | 0,25 — 1,44 p $_{ts_2}; \gamma$ $\eta_3=0,92$ | 3,39 — 19,52 $\pi_{ts_2}; \gamma$ — | 93,36 82,45 — sg $_{1-2}$ sm $_2$ φ XIV b $F_3 = 0,89$ SmVIII $z_7; S\eta$ Q ts $_2$ $\zeta_r w_3$ 1 — 0,3 + 0,9 = 1,6 (I—II); r (IC) | — — — — | — — — — | — — — $\zeta_r w_3 = c.85$ |
| 3,84 0,90 27,99 $Bz_r = 3-5$ $W_0=0,14$ =0,21 | 0,47 — 2,78 $Bm_r = 0,4-0,6$ $W_c = 0,17$ = 0,26 | 0,91 0,40 7,75 Q (q, ts) P=0,47 | — 1,01 5,96 ks $_{2-3}$ Fe $_3$ O $_4$ S=0,77 = 0,80 | 0,51 — 3,02 p $_{\gamma}; xII$ $\eta_3=0,95$ | 1,86 — 10,98 $\pi_{\gamma}; xII$ — | 89,23 83,49 — sg $_1$ sm $_1$ φ XII b $F_3 = 0,8$ K p $_{\gamma}; xII$ $\zeta_r w_3$ S Q 1 — 0,4 — 0,12 + 0,92 = 1,4 (I—II); r (IC) | — — — — | — — — — | — — — $\zeta_r w_3 = 98,4$ |
| 4,11 0,41 19,58 $Bz_r = 2-4$ $W_0=2,20$ =3,79 | 0,69 — 2,99 $Bm_r = 0,2-0,6$ $W_c = 2,41$ = 3,79 | 0,66 0,30 4,16 Q (ts) P=6,15 | — 1,86 8,05 — S=0,89 = 0,99 | 2,21 — 9,57 p $_4$ $\eta_2=0,78$ | 2,69 — 11,65 π_4 $V_2=1,4$ | 88,05 77,97 — sg $_0$ sm $_2$ φ XIII c $F_2 = 0,7$ K p $_4$ Kd_4 p $_4$ $\zeta_r w_2$ 0,6 (1,3 — 0,35) + 0,4 (3,1 — 0,28) — 0,3 S Q + 4,4 = 5,8 (VI); r (V—VI) | — — — — | — — — — | — — — $\zeta_r w_2 = c.58$ |

gefunden haben, wird W_1 und W_2 (s. Kol. 7 und 8) nach 3 tägiger bzw. 10 tägiger Wasserlagerung bestimmt und hiernach

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| b) Steinkohlen- | | | | | | | |
| 191 | F. Langenbrück b. Neustadt (Schlesien) B. Alter Turm auf dem Schloßplatz zu Neustadt †) A. c. 300 J. | Grünlich-gelbes, mittelkörniges, sehr festes Gestein, mit deutlicher Schichtung. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz mit untergeordneten Tonschieferbrocken und Feldspatkörnchen. Das reichliche Bindemittel stark kieselig. | Unbedeut. ockerige Verwitterungsrinde, mit Andeutung von Schichtstreifen; im Innern geringe Festigkeitsverminderung. | I—II | 1a) 1b) 1c) 2) 3) | 0,38 0,31 3,51 Kb _{2x} ; II-III Sm VIII _{2z} ; xII-III W ₁ =0,70 W ₂ =0,70 | 2,96 4,38 36,89 |
| 194 | F. Zellerfeld (Hannover) B. Kirche †) A. 211 J. | Feinkörniges, mit größeren Körnern untermisches festes Gestein. Körnige Bestandteile: Quarz mit reichlichem Feldspat und spärlichen Tonschieferbrocken. Das quarzige Bindemittel durch Eisenocker gefärbt. | Etwas narbig ausgenagte Verwitterungsrinde. Gestein i. Innern fest. Schichtung durch geringe Ausnagung hervortretend. | I—II bis II | 1a+b) 1c) 2) 3) | 11,55 34,89 Kd _{xII} Sm II-III _z ; xII-III W ₁ =1,52 W ₂ =1,66 | 10,80 32,63 |
| 196 | F. Oberharz (Hannover) B. Beide Nebengebäude d. Rathauses in Claustal ††) A. c. 150 J. | Gelbgraues, ziemlich feinkörniges, festes Gestein. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz mit Feldspat und Tonschieferbrocken. Das zieml. reichliche Bindemittel ist stark silifiziert. | Geringe, ockerige Verwitterungsrinde mit stellenweiser Abbröckelung. Gestein im Innern fest. | II | 1a) 1b) 1c) 2) 3) | 0,18 0,36 2,52 Kb _{xII} Sm VII(-VIII) _z ; xII W ₁ =0,70 W ₂ =0,77 | 3,45 5,54 41,87 |
| 197 | F. Hundisburg (Sachsen) B. Gutsgebäude u. Schloß in Hundisburg †) A. 100 bis 150 J. | Kleinkörniges, mehr oder weniger festes Gestein. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz mit reichlich. schwarzen Kiesel-schieferbrocken. Z. T. kieseliges, z. T. kieselig-toniges Bindemittel. | Ockerige, aber vollständig feste Verwitterungsrinde. Stellenweise stärkere Verwitterung. | II z. T. III | 1a) 1b) 1c) 2) 3) | 0,29 0,24 2,63 Kd _{xI} ; 3 Sm V _z ; I; 3 W ₁ =0,10 W ₂ =0,12 | 3,31 3,70 34,74 |
| 200 | F. Bei Landeshut *) (Schlesien) B. Stadtmauerreste zu Landeshut A. ca. 500 J. | Ziemlich grobkörniges Gestein von mehr oder weniger beträchtlicher Festigkeit. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz, reichlich Tonschiefer- und Kiesel-schieferbrocken. Das tonige Bindemittel ungleich stark silifiziert. | Unbedeut. höckerig ausgenagte Verwitterungsrinde. Gestein im Innern ziemlich fest. | I B bis I C | 1a) 1b) 1c) 2) 3) | 0,27 0,28 3,08 Kb _γ ; xII z. T. K Sm VIII _z ; xII Sm V _z W ₁ =2,51 W ₂ =2,56 | 4,57 3,68 46,27 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 839—840.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-------------------------|---------------------------|---------------|----------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|------------------------------------------------------|
| Formation (Culm) | | | | | | | | | |
| 3,54 | 0,46 | 1,06 | — | 0,19 | 3,92 | 87,09 | — | — | — |
| 0,44 | — | 0,45 | 1,67 | — | — | 80,94 | — | — | — |
| 20,22 | 2,34 | 7,67 | 8,49 | 0,96 | 19,92 | — | — | — | — |
| — | — | Q(q, ts, f) | — | p ₂ ; xII-III | π ₂ ; xII-III | sg ₂ sm ₂ | φ XIII-XIVb | F ₁ = 0,91 | ζ _r w ₁ = c.146 |
| W _v =0,70 | W _c = 0,70 | P = 2,17 | S = 1,00 | γ ₁ = 0,78 | V ₁ = 1,2 | Sm VIII _z ; xII-III ζ _r w ₁ Q 2,2 — 0,9 = 1,3 (I—II) | | | |
| 2,85 | 0,34 | 1,25 | 3,41 | 0,20 | 2,70 | 67,80 | — | — | — |
| 8,61 | 1,03 | 3,78 | 10,30 | 0,60 | 8,16 | — | — | — | — |
| Bz _r = 5—6 | Bm _r = 0,4—0,6 | Q (f, ts) | — | p _{xII} | π ₂ | sg ₁ sm ₂ | φ XXI | — | ζ _r w ₁ = c.72 |
| W _v =2,05 | W _c = 2,07 | P = 5,25 | S = 0,8 | γ ₁ = 0,92 | V ₁ = 1,1 | Kd p ζ _r w ₁ SγV Q 2,2 — 0,47 — 0,35 + 0,3 = 1,68 (I—II:II) | | | |
| 3,81 | 0,24 | 1,55 | — | 0,11 | 3,36 | 87,89 | — | — | — |
| 0,47 | — | 0,45 | 1,95 | — | — | 79,75 | — | — | — |
| 19,93 | 1,12 | 9,32 | 9,08 | 0,51 | 15,65 | — | — | — | — |
| — | — | Q (q, ts, gl) | — | [p] | π _{xIII-IV} | sg ₁ sm ₂ | φ XXI | F ₁ = 0,89 | ζ _r w ₁ = 83,4 |
| W _v =0,87 | W _c = 1,07 | P = 3,16 | S = 0,72 | γ ₁ = 0,79 | V ₁ = 1,2 | Sm VII (-VIII) _z ; xII ζ _r w ₁ SγV Q 1,6 — 0,35 + 0,3 = 1,55 (I—II) | | | |
| 3,85 | 0,95 | 2,06 | — | 0,76 | 2,52 | 86,27 | — | — | — |
| 0,41 | — | 0,43 | 1,66 | — | — | 80,84 | — | — | — |
| 21,11 | 4,71 | 12,34 | 8,22 | 3,76 | 12,49 | — | — | — | — |
| Bz _r = 4—6 | Bm _r = 0,3—0,6 | Q (q) | — | p ₄ | π ₄ | sg ₀ sm ₁ | — | — | ζ _r w ₁ = {c.79 c.48} |
| W _v =0,23 | W _c = 0,26 | P = 1,09 | S = 0,48 | γ ₁ = 0,8 | — | Kd _{xI} p ₄ SmV ζ _r w ₁ Q (2,3 — 0,28) 1,2 — 0,5 = 1,92 (II) Kd ₃ p ₄ SmV Q (2,7 — 0,28) 1,2 = 2,9 (III) | | | |
| 3,73 | 0,27 | 0,15 | 0,65 | 0,13 | 2,67 | 88,03 | — | — | — |
| 0,31 | — | 0,23 | 0,89 | — | — | 82,93 | — | — | — |
| 22,66 | 1,51 | 2,13 | 8,64 | 0,73 | 14,98 | — | — | — | — |
| Bz _r = 3—4 | Bm _r = 0,3—0,4 | Q, q, ts, gl | — | [p] p ₂ | π ₀ | sg ₀ sm ₁₋₂ | φ XIV | F ₂ = 0,91 | ζ _r w ₂ = 86,4 z. T. = 86,5 |
| W _v =3,49 | W _c = 3,71 | P = 9,09 | S = 0,69 | γ ₂ = 0,84 | V ₂ = 1,2 | a) Sm VIII _z ; xII ζ _r w ₂ Q 1,05 — 0,25 = 0,8 (I C); r (I B) b) K p ₂ SmV ζ _r w ₂ SγV Q (1,5 — 0,6) 1,2 — 0,15 + 0,7 = 1,63 (I—II); r (I) | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 202 | F. Altenau (Han-nover) B. Brücke zu Hüt-tenstraße bei Altenau ††) A. 86 J. | Graues, mittelkörniges, festes Gestein. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz. Das sehr reichliche Bindemittel stark silifiziert. | Oberfläche etwas glatt abgewaschen; sonstige Verwitterung nicht bemerkbar. | I C bis I | 1 a) | 0,22 | 4,81 |
| | | | | | 1 b) | 0,19 | 3,49 |
| | | | | | 1 c) | 2,06 | 41,93 |
| | | | | | 2) | K u. Kd _γ in den iso- liert. Korn- gruppen | Sm VII— VIIIz _x I |
| | | | | | 3) | W ₁ =0,27 bei 10 tägiger Wasserlagerung | W ₂ =0,27 = 0,87 |
| 203 | F. Magdeburg B. Revêtements- mauer am recht. Ufer der alten Elbe zwischen Ober- u. Unter- lär, Magdeburg A. 54—68 J. | Kleinkörnig, mit vor-waltendem Quarz, ziem-lich reichlichen Kiesel-schieferbrocken und ver-einzelt verkohlten Pflanzenresten. Kieselig-toniges Bindemittel. | Zeigt bereits Spuren von Verwitterung. | I—II | 1 a+b) | 0,52 | 6,56 |
| | | | | | 1 c) | 2,89 | 36,48 |
| | | | | | 2) | Kd _x II | Sm I—IIz _x II |
| | | | | | 3) | W ₁ =0,59 bei 10 tägiger Wasserlagerung | W ₂ =0,63 = 0,78 |

2. Schiefrige Devon-

| | | | | | | | |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------|------------------------------|--------------------------|
| 204 | F. Bei Heimbach (Rheinland) B. Kirche zu Ober-Reifferscheid †) A. ca. 700 J. | Grünlich-graues, feinkörniges, sehr festes, dünn-schichtiges Gestein. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz, mit Glimmerblättchen auf den Schichtflächen. Spärliches, quarziges Bindemittel. | Unbedeutende Ver-witterungsrinde. Ge-stein im Innern voll-kommen fest. | I A bis I B | 1 a) | 0,39 | 2,64 |
| | | | | | 1 a+b) | 4,00 | 6,87 |
| | | | | | 1 c) | 18,66 | 32,04 |
| | | | | | 2) | mK 0,1 mKd _γ | Sm IIz _γ ; xI |
| | | | | | 3) | W ₁ =0,00 | W ₂ =0,03 |
| 205 | F. Nähe von Sayn (Rheinland) B. Burgruine zu Sayn †) A. ca. 800 J. | Feinkörniges, festes Gestein, teils ziemlich vollkommen, teils sehr vollkommen schiefrig, mit vorwaltendem Quarz und reichlichem quar-zigen Bindemittel. | Unbedeutende Ver-witterungsrinde. Ge-stein im Innern voll-kommen fest. | I A | 1 a+b) | 1,22 | 3,52 |
| | | | | | 1 c) | 9,69 | 27,96 |
| | | | | | 2) | mK | Sm I— IIIzI—II, γ |
| | | | | | 3) | W ₁ =0,47 | W ₂ =0,49 |
| 206 | F. Umgegend von Daun *) (Rheinland) B. Burgruine zu Daun A. ca. 800 J. Anm.: Das gegen-wärtige Bruchgestein ist nicht vollkommen iden-tisch mit dem Baumaterial. | Bruchmaterial: feinkörnig, von Eisenerker durchzogen. Baumaterial: beträchtlich stärker silifiziert, fester und dünn-schichtiger als das Bruch-material. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz. Reichlich quar-ziges Bindemittel. | Unbedeutende Ver-witterungsrinde, aber z. T. schichtig abge-blättert, weil eine Anzahl von Steinen nicht lagerhaft ver-setzt ist. | I A z. T. I B | 1 a+b) | 1,25 | 5,32 |
| | | | | | 1 c) | 7,33 | 31,20 |
| | | | | | 2) | mK 0,1 mKd _x I | Sm IIz _x I |
| | | | | | 3) | W ₁ =1,40 | W ₂ =1,65 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 839—840.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | |
|-------------------------------|---------------------------------|----------|--------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|---|
| 4,30 | 0,84 | 0,63 | — | 0,64 | 2,87 | 85,91 | — | — | — | |
| 0,21 | — | 0,25 | 1,44 | — | — | 80,68 | — | — | — | |
| 22,67 | 4,23 | 4,42 | 7,24 | 3,22 | 14,43 | sg ₀ sm ₂₋₃ | ψ III | F ₃ = 0,92 | ζ _γ w ₃ = c.76,5 | |
| — | — | Q(f) | Fe ₃ O ₄ | [p] | [π] | | | | | |
| W _v =0,41 =0,90 | W _c = 0,66 = 1,28 | P = 2,12 | S = 0,41 = 0,68 | — | — | Sm VII— VIIIz _x I | ζ _γ w ₃ | SV | Q | |
| | | | | | | 1,5 - 0,22 + 0,25 = 1,53 (I—II); r (I C) | | | | |
| 3,00 | 0,82 | 0,61 | 4,06 | — | 2,41 | 82,47 | — | — | — | |
| 16,69 | 4,56 | 3,40 | 22,58 | — | 13,40 | — | — | — | — | |
| Bz _r = 3—5 | Bm _r = 0,3—0,6 | Q(q) | ko ₂ | p _x II | π _x II | sg ₁ sm ₁₋₂ | — | — | — | |
| W _v =0,84 =0,86 | W _c = 0,91 = 0,91 | P = 2,76 | S = 0,69 = 0,87 | η ₃ = 0,93 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | | Kd | p | ζ _γ w ₃ | Sη | Q |
| | | | | | | 2 - 0,46 - 0,35 + 1,35 = 2,5 (II—III); r (I—II) | | | | |

Grauwacken Formation

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|-----------|---------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---|
| 2,11 | 0,18 | 0,87 | — | 0,11 | 2,44 | 91,12 | — | — | — | |
| 3,30 | 0,02 | 1,37 | 3,76 | 0,22 | 1,90 | 79,10 | — | — | — | |
| 15,39 | 0,09 | 6,39 | 17,54 | 1,03 | 8,86 | — | — | — | — | |
| Bz _r = 3—5 | Bm _r = 0,4—0,6 | Q(gl) | ks ₂ ko ₂ | p _γ | π _γ ; xI | sg ₂ sm ₂ | φ VIII | — | — | |
| W _v =0,25 | W _c = 0,49 | P = 1,28 | S = 0,06 | η ₁ = 0,98 | — | mK, mKd _γ | p _γ | ζ _γ w ₁ | Q | |
| | | | | | | 1 - 0,58 - 0,05 = 0,37 (I A—B) | | | | |
| 2,37 | 0,63 | 1,44 | 1,73 | 0,05 | 1,63 | 86,59 | — | — | — | |
| 18,82 | 5,01 | 11,44 | 13,74 | 0,39 | 12,95 | — | — | — | — | |
| Bz _r = 3—4 | Bm _r = 0,6—0,8 | Q(ts) | — | p _x I—II; γ | π _x I—II; γ | sg ₁₋₂ sm ₁₋₂ | φ XIV | F ₁ = 0,97 | ζ _γ w ₁ = c.132,4 | |
| W _v =0,64 | W _c = 0,69 | P = 2,22 | S = 0,71 | η ₁ = 0,91 | — | mK | p _x I—II | ζ _γ w ₁ | Q | |
| | | | | | | 0,65 - 0,3 - 0,05 = 0,3 (I A) | | | | |
| 3,70 | 0,28 | 0,73 | 3,36 | 0,73 | 1,68 | 82,30 | — | — | — | |
| 21,70 | 1,64 | 4,28 | 19,71 | 4,28 | 9,86 | — | — | — | — | |
| Bz _r = 5—6 | Bm _r = 0,6—0,8 | Q(ts, gl) | — | p _x I | π _x I | sg ₂ sm ₂ | φ XIII | — | — | |
| W _v =2,05 | W _c = 2,75 | P = 7,22 | S = 0,60 | η ₁ = 0,83 | V ₁ = 1,4 | mK | p _x I | mKd _x I | p _x I | V |
| | | | | | | 0,9 (0,75 - 0,4) + 0,1 (1,5 - 0,54) + 0,2 Q = 0,6 (I B) | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 207 | F. Bei Burg (Kr. Düsseldorf) B. Schloß Burg an der Wupper †) A. 350 bis 700 J. | Das Baumaterial ist z.T. eine sehr feinkörnige, stark kieselige Grauwacke (a), teils ein dick-schichtiger Grauwackenschiefer (b). | Das Material a) zeigt nur eine unbedeutende Verwitterungsrinde und ist im Innern vollkommen fest, während b) eine ziemlich beträchtliche Verwitterung erkennen läßt. | IC z. T. I | 1a) 1b) 1c) 2) 3) | 0,10 0,21 1,51 mKb W ₁ =0,18 | 3,01 7,23 49,78 SmVII-VIII zxII, III W ₂ = 0,92 |
| 208 | F. Kochem *) (Rheinland) B. Burg Kochem A. ca. 250 J. | Graues, sehr feinkörniges, tonschieferartiges, festes, dünn-schieferiges Gestein. | Unbedeutende Verwitterungsrinde; im Innern geringe Festigkeitsvermindern. | I z. T. I-II | 1a+b) 1c) 2) 3) | 0,88 5,52 mKbz _{xI-II} g ₁₁₍₋₂₎ W ₁ =0,02 | 3,92 24,59 Sm VIII W ₂ = 0,11 |
| 209 | F. Nettetal u. Rahmedetal bei Al-tena (Westf.) B. Schloß d. Grafen von der Mark zu Altena ††) B. 100 J., z. T. älter Anm.: Das gegenwärtige Bruchgestein ist nicht identisch mit dem Baumaterial. | Äußerst feinkörniger, fest. Grauwackenschiefer. Körnige Bestandteile: außer einzelnen Glimmerschüppchen Gemengteile mit der Lupe nicht zu erkennen. | Geringe Verwitterungsrinde; Gestein im Innern fest. | I-II z. T. I | 1a) 1a+b) 1c) 2) 3) | 0,27 1,24 4,11 mKb _{xI} W ₁ =0,23 | 5,67 9,37 31,12 Sm XII W ₂ = 0,32 |
| 210 | F. Brüche bei Schwelm (Westfalen) B. Wohnhaus Bölling †) A. ca. 100 J. | Feinkörniges, festes Gestein mit schichtig eingelagerten blättrigen Tonschiefergallen. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz, reichlich Magnesiaglimmer und wenig Feldspat. | Zeigt deutliche Abschieferung. | II z. T. II-III | 1a) 1a+b) 1c) 2) 3) | 0,25 1,57 7,83 mK 0,2mKd ₂₋₃ W ₁ =0,30 | 2,69 4,63 23,10 SmVIz ₂₋₃ W ₂ = 0,33 |
| 211 | F. Brüche bei Schwelm (West-falen) B. Haus Martfeld †) A. ca. 175 J. | Graues, feinkörniges, festes Gestein, mit blättrigen Tonschiefergallen auf d. unebenen Schichtflächen. Körnige Bestandteile: vorwiegend Quarz, auf den Schichtflächen hellfarbiger Glimmer. Reichlich quarziges Bindemittel. | Ziemlich bedeutende Abwitterung der Kanten. | II z. T. II-III | 1a) 1a+b) 1c) 2) 3) | 0,17 3,51 17,53 mKd _{xII-III} W ₁ =0,58 | 2,08 7,35 36,71 SmV zxII-III W ₂ = 0,65 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 839-840.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|----------------------|-----------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------|---------------------------------------|
| 4,01 | — | 0,76 | 0,64 | 0,17 | 3,05 | 89,14 | — | — | — |
| 0,25 | — | 0,17 | 0,97 | — | — | 80,10 | — | — | — |
| 26,71 | — | 4,52 | 7,83 | 0,82 | 14,83 | — | — | — | — |
| — | — | Q (gl, ts) | — | — | — | sg ₁ sm ₁₋₂ | φ XII | F ₁ = 0,96 | ζ _r w ₁ =c.117 |
| W _v =1,15 | W _c = 1,16 | P = 3,41 | S = 0,79 | η ₁ = 0,85 | — | Sm VII-VIII _{xI, III} ζ _r w ₁ Q 0,75 + 0,85 - 0,5 = 1,1 (I) | | | |
| 4,74 | 0,73 | 1,33 | 1,98 | — | 2,36 | 83,55 | — | — | — |
| 29,74 | 4,58 | 8,34 | 12,42 | — | 14,81 | — | — | — | — |
| — | — | Q sehr spär. | — | [p] | [π] | sg ₄ sm ₄ | φ X | — | ζ _r w ₁ =76,3 |
| W _v =0,18 | W _c = 0,27 | P = 0,73 | S = 0,41 | η ₁ = 0,73 | V ₁ = 1,4 | mKbz _{xI-II} ζ _r w ₁ Q 1,55 - 0,3 = 1,25 (I : I-II) | | | |
| 5,35 | 0,36 | 1,61 | — | 0,56 | 4,05 | 81,99 | — | — | — |
| 6,08 | 1,94 | 1,51 | 6,12 | 0,38 | 3,47 | 69,82 | — | — | — |
| 20,19 | 6,44 | 5,02 | 20,33 | 1,26 | 11,53 | — | — | — | — |
| — | — | (Q, gl, ts) | — | — | — | sg ₁ sm ₁ | φ XIV | — | ζ _r w ₁ =c.56 |
| W _v =0,32 | W _c = 0,78 | P = 2,52 | S = 0,41 | — | — | mKb _{xI} ζ _r w ₁ Q 1,5 - 0,2 = 1,3 (I : I-II) | | | |
| 3,49 | 1,54 | 1,24 | — | 1,27 | 2,50 | 86,43 | — | — | — |
| 3,83 | 0,34 | 2,53 | 3,83 | 1,01 | 2,30 | 79,61 | — | — | — |
| 19,11 | 1,70 | 12,63 | 19,11 | 5,04 | 11,48 | — | — | — | — |
| Bz _r = | Bm _r = | Q (gl, t) | — | [p] | [π] | sg ₂ sm ₂ | φ X | F ₁ = 0,93 | ζ _r w ₁ =c.68,3 |
| 2-4 | 0,3-0,4 | — | — | — | — | mK mKd ₂₋₃ SmVI ζ _r w ₁ Q (0,8 · 1,4 + 0,2 · 2,5) 1,28 - 0,27 = 1,80 (II) | | | |
| W _v =0,52 | W _c = 0,89 | P = 2,73 | S = 0,37 | — | — | — | — | — | — |
| 2,20 | — | 0,91 | — | 0,20 | 2,35 | 91,31 | — | — | — |
| 3,04 | 0,09 | 1,43 | 2,42 | 1,11 | 1,07 | 80,86 | — | — | — |
| 15,18 | 0,45 | 7,14 | 12,09 | 5,55 | 5,35 | — | — | — | — |
| Bz _r = | Bm _r = | Q (gl, ts) | Fe ₃ O ₄ | p ₂₋₃ | π ₂₋₃ | sg ₁₋₂ sm ₂ | φ XI | — | ζ _r w ₁ =c.72 |
| 3-4 | 0,2-0,4 | — | — | — | — | mKd _{xII-III} p ₂₋₃ SmV ζ _r w ₁ Q (2,6 - 0,5) 1,22 - 0,4 = 2,16 (II) | | | |
| W _v =0,80 | W _c = 1,34 | P = 3,75 | S = 0,49 | η ₁ = 0,78 | V ₁ = 1,3 | — | — | — | — |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 212 | F. Bei Schmallenberg (Westf.)* B. Kirche zu Schmallenberg A. 200 J. | Schwärzlich - graues, ziemlich festes, feinkörniges, tonschieferartiges Gestein. Körnige Bestandteile: außer einigen Glimmerschüppchen sind Gemengteile mit der Lupe nicht zu erkennen. | Ziemlich beträchtliche Abwitterung, z. T. in Verbindung mit Abblätterung. | II z. T. II-III | 1 a) | 0,40 | 4,35 |
| | | | | | 1 a+b) | 4,80 | 15,73 |
| | | | | | 1 c) | 10,41 | 34,11 |
| | | | | | 2) | m Kb _{xI} gl ₂ | Sm VIII, XV |
| | | | | | 3) | W ₁ =0,88 | W ₂ = 1,12 |
| 216 | F. Bei Remagen (Rheinland) B. Uferdeckwerk zu Orsoy †) (Wasserbauinspekt. Wesel) A. 16 und 7 J. | Gelblich-graues, feinkörniges, dickschichtiges und schiefriges Gestein. Körnige Bestandteile: vorwaltend Quarz und reichlich Glimmer. | Beträchtliche Abwitterung mit Ribbildung. | IV | 1 a) | 0,10 | 2,94 |
| | | | | | 1 b) | 0,28 | 6,46 |
| | | | | | 1 a+b) | 0,38 | 9,40 |
| | | | | | 1 c) | 1,93 | 47,70 |
| | | | | | 2) | $\frac{m \text{Kd}_{xII-III}}{0,3 m \text{K}}$ | Sm I-II z _{xII-III} |
| | | | | | 3) | W ₁ =0,63 | W ₂ = 0,74 |
| | | | | | Bei 10 tägiger Wasserlagerung = 1,19 | | |
| 217 | F. Bei Remagen (Rheinland) B. Futtermauer der Eisenbahnstrecke Köln-Bingerbrück ††) A. 36 J. | Hellgraues, ziemlich weiches, feinkörniges Gestein, mit Glimmer auf den Schichtflächen. Krummschichtig und schiefrig. Körnige Bestandteile: vorwaltend Quarz, ziemlich reichliche Glimmerblättchen. | An verschiedenen Stellen zieml. starke Abwitterung. | V-VI | 1 a) | 0,18 | 4,18 |
| | | | | | 1 b) | 0,31 | 11,02 |
| | | | | | 1 a+b) | 0,49 | 15,20 |
| | | | | | 1 c) | 1,53 | 47,40 |
| | | | | | 2) | m Kb ₃ | Sm VII-VIII z ₃ XII b |
| | | | | | 3) | W ₁ =1,84 | W ₂ = 1,94 |
| | | | | | Bei 10 tägiger Wasserlagerung = 3,56 | | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 839-840.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|----------------------|-----------------------|----------|--------------------------------------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|------------------------------------------------|
| 4,90 | 3,97 | 2,02 | — | 3,26 | 4,11 | 76,69 | — | — | — |
| 6,20 | 4,41 | 2,32 | 5,98 | 0,20 | 6,48 | 54,04 | — | — | — |
| 13,44 | 9,56 | 5,03 | 12,97 | 0,43 | 14,05 | — | — | — | — |
| — | — | (Q, gl) | — | [p] | [π] | sg ₃₋₄ sm ₄ | φ X | — | ζ _r w ₁ =65,3 |
| W _v =1,35 | W _c = 1,66 | P = 4,82 | S = 0,67 | γ ₁₁ = 0,74 | V ₁ = 1,6 | mKb _{xI} ζ _r w ₁ SηV Q 1,5 - 0,25 + 0,7 = 1,95 (II) | | | |
| 3,39 | 0,19 | 0,93 | — | 0,02 | 2,86 | 89,82 | — | — | — |
| 0,41 | — | 0,45 | 1,68 | — | — | 81,21 | — | — | — |
| 3,80 | 0,19 | 1,38 | 1,68 | 0,02 | 2,86 | 81,21 | — | — | — |
| 19,28 | 0,96 | 7,00 | 8,52 | 0,10 | 14,51 | — | — | — | — |
| B _z = | B _m = | Q (gl) | ko ₂ ; Fe ₂ O ₄ | p _{xII-III} | π _{xII-III} | sg ₃ sm ₃ | φ XI | — | ζ _r w ₃ = c.54 |
| 4-5 | 0,3-0,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| W _v =0,81 | W _c = 1,12 | P = 3,30 | S = 0,66 | γ ₃ = 0,74 | V ₃ = 1,9 | mKd p mK p ζ _r w ₃ SηV Q 0,7(2,6 - 0,45) + 0,3(1,5 - 0,7) - 0,25 + 3,6 = 5,1(V); r (IV) | | | |
| =1,36 | = 1,42 | — | =0,84 | — | — | — | — | — | — |
| 5,50 | 0,43 | 1,32 | — | 0,15 | 4,92 | 83,83 | — | — | — |
| 0,83 | — | 0,56 | 2,67 | — | — | 68,96 | — | — | — |
| 6,33 | 0,43 | 1,88 | 2,67 | 0,15 | 4,92 | 68,96 | — | — | — |
| 19,74 | 1,34 | 5,86 | 8,32 | 0,47 | 15,34 | — | — | — | — |
| — | — | Q | ko ₃ | — | — | sg ₂ sm ₂ | φ XI | — | ζ _r w ₂ = c.52 - c.35 |
| W _v =2,66 | W _c = 3,10 | P = 7,74 | S = 0,63 | γ ₃ = 0,68 | V ₂ = 1,7 | mKb ₃ ζ _r w ₂ SηV Q 1,7 - 0,2 + 4,5 = 6 (VI); r (V-VI) | | | |
| =3,89 | = 4,00 | — | =0,89 | z. T. 0,43 | — | — | — | — | — |

XX.
Kalkstein-

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Nummer des Gesteins | F. Fundort d. Gesteins | Petrographische Beschaffenheit des Gesteins | Verwitterungserscheinung des Gesteins an dem Kol. 2 unter B genannten Bauwerk | Beständigkeitsklasse des Gesteins nach Beobachtung an dem Kol. 2 B genannten Bauwerk | 1) Chem. Analyse: | Ca CO ₃ | Mg CO ₃ |
| | B. Bauwerk, an welchem der Wetterbeständigkeitsgrad des betr. Gesteins festgestellt worden ist | | | | 2) Struktur, Färbungstyp., Frostbeständigkeitskoeffizient, Bindungsfestigkeit | Strukturtypus | Art der Kornbindung b ₁₋₅ |
| | A. Alter des Bauwerks | | | | 3) Wasser-aufnahme, Porositätskoeffizient, Sättigungs- und Erweichungskoeffizient | W ₁ Bei schnellem Ein-tauchen | W ₂ Bei lang-samem Ein-tauchen |

Nr. 218 bis 221: Marmor der

| | | | | | | |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 218 | F. Kunzendorf (Schlesien) B. Marmorpalais zu Potsdam †) A. 103 J. | Weißer, etwas ins Graue spielender, ziemlich grobkörniger Marmor. | Im allgemeinen unbedeutende Verwitterungsrinde; stellenweise jedoch stärkere Zerstörung. | II bis III | 1) 99,11 2) Az ₂ 3) W ₁ =0,20 | 1,0 b ₁₋₃ W ₂ =0,34 |
| 219 | F. Angebl. Carrara(?) B. Obelisk auf dem alten Markt zu Potsdam †) A. 140 J. | Weißer, feinkörniger Marmor. | Glatte, unbedeutende Verwitterungsrinde; Oberflächenschicht zerklüftet und auf den Klüftflächen mit Flechten überzogen. | II bis III z. T. III | 1) 98,29 2) Az ₂ 3) W ₁ =0,85 | 1,26 b ₁ W ₂ =1,09 |
| 220 | F. Kauffung (Schlesien) B. Obelisk auf dem alten Markt zu Potsdam †) A. 140 J. | Weißer, feinkörniger Marmor mit unregelmäßigen, tonigen Einlagerungen von rötlicher Färbung. | Glatte, unbedeutende Verwitterungsrinde, nach den Ton-einlagen stark zerklüftet. | II bis III z. T. III | 1) 98,41 2) Az ₂ 3) W ₁ =0,18 | — b ₁ W ₂ =0,37 |

1) Bei dem Material älterer Bauwerke kann der Kohlenstoffgehalt in der äußeren Gesteins-Staubteilchen Zeichen-Erklärung zu Kol. 2: Die Untersuchungsergebnisse in Rubr. 6 bis 17 beziehen sich des genannten Gebäudes; †) auf das Baumaterial von den

Teil.
Untersuchungen.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Fe CO ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ton | Quarzsand und sonstige in HCl unlösl. Bestandt. | Kohlenstoff in organischer Verbindung | Schwefel (in FeS ₂) | P ₂ O ₅ | Gesamtsumme | — |
| Stetigkeit der Kornbindung β ₁₋₅ | Korngröße gm ₁₋₆ | Gleichmäßigkeitsgrad der Körnung g ₁₋₅ | Akzessorische Einlagerungen s. Abs. 627,6 | Porositätsgrad P ₁₋₆ ; π ₁₋₄ | Makroskopische Schichtung s ₁₋₅ bezw. Schieferung [s ₁₋₅] | Färbungstypus φ Verteilungskoeffizient V | Frostbeständigkeitskoeffizient F ₁₋₃ | Kornbindungsfestigkeit ζ, w ₁₋₃ c. = Näherungswert |
| W _v Im Vakuum | W _c Bei 150 Atm. Druck | P Porositätskoeffizient in Vol.-% | S ₁₋₃ Sättigungskoeffizient | η ₁₋₃ Erweichungskoeffizient | Wetterbeständigkeitsklasse des Gesteins nach Maßgabe der Bewertungs-Schemata S. 571 bis 583. (Q: Qualitätsziffer; r bedeutet reduziert nach Abs. 477, 1 bis 3). | | | |

Archaischen und Silur-Formation

| | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-------------------------|
| — | 0,05 | 0,07 | — | — | — | — | 100,23 | — |
| β ₂ | gm ₄₋₆ | g ₃ | — | [p] | — | φ=XXXIV | — | ζ, w ₁ =c.46 |
| W _v =0,40 | W _c =0,44 | P=1,57 | S ₁ =0,79 | η ₁ =0,96 | Az ₂ b ₁₋₃ β ₂ Q 2,1 + 0,4 = 2,5 (II-III) | | | |
| — | 0,12 | 0,38 | — | 0,20 ¹⁾ | — | — | 100,25 | — |
| β ₂ | gm ₃₋₄ | g ₂ | a ₃ [t] | [p] | — | φ=XXXIII | — | ζ, w ₁ =c.51 |
| W _v =1,10 | W _c =1,33 | P=3,88 | S ₁ =0,81 | η ₁ =0,92 | Az ₂ b ₁ β ₂ S ₁ Q z. T. a ₃ [t] 1,5 + 0,5 + 0,5 = 2,5 (II-III) + 0,5 (III) | | | |
| — | 0,03 | 0,46 | 0,35 | 0,81 ¹⁾ | — | — | 100,06 | — |
| β ₂ | gm ₃₋₄ | g ₂ | a ₃ [t] | [p] | — | φ=XXXI b | — | ζ, w ₁ =c.41 |
| W _v =0,37 | W _c =0,47 | P=1,28 | S ₁ =0,787 | η ₁ =0,81 | Az ₂ b ₁ β ₂ a ₃ [t] Q 1,5 + 0,5 + 1,0 = 3 (III) | | | |

rinde ganz oder teilweise von vegetabilischen Substanzen (Flechten usw.) bezw. von organischen herrühren.

*) auf frisches Bruchmaterial; †) auf das Baumaterial von den am besten erhaltenen Stellen am meisten verwitterten Stellen desselben.

Anmerkung: Über die Bezeichnung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|--------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----|
| 221 | F. Laas (Tirol) *) | Weißer, ziemlich grobkörniger Marmor. | Beobachtungen an Bauwerken fehlen. | — | 1) 99,75 2) Az ₁₋₂ 3) W ₁ =0,23 | Spuren b ₁ W ₂ =0,59 | |

Nr. 222 bis 232: Kalksteine (z. T.)

| | | | | | | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--|
| 222 | F. Umgegend von Schönecken *) (Rheinprovinz) B. Burgruine Schönecken bei Prüm A. ca. 560 J. | Gelblich-grau; feinkristallinisch; stellenweise in geringfügiger Menge von sulfidischen Kupfererzen durchwachsen. Andeutung unregelmäßiger Schichtung; enthält vielfach kleinere bis mittelgroße zellige Hohlräume; sehr festes Gestein. | Unbedeutende, feste Verwitterungsrinde. | IC-I | 1) 52,44 2) B ₁₋₂ z ₁₋₂ 3) W ₁ =0,40 | 44,32 b ₁ W ₂ =0,56 | |
| 223 | F. In der Nähe des Doms zu Limburg *) | Hellgelb mit dunkelbraunen Kalkspatadern; stellenweise in geringfügiger Menge von sulfidischen Kupfererzen durchzogen; feinkörnig-kristallinisches, hartes, kompaktes Gestein; schlägt sich in dicken Lagen ziemlich ebenflächig. | — | — | 1) 51,91 2) B ₁₋₂ z ₂ 3) W ₁ =0,51 | 40,78 b ₁ W ₂ =0,70 | |
| 224 | F. Wie Nr. 223 B. Dom St. Georg zu Limburg †) A. 685 J. | s. Nr. 223. | Verwitterungsrinde nicht sehr beträchtlich, die Gesteinsoberfläche aber zerklüftet. | I-II | 1) 45,86 2) B ₁₋₂ z ₂ 3) W ₁ =0,15 | 46,20 b ₁ W ₂ =0,21 | |
| 225 | F. Umgegend von Beckum (Westfalen) B. Pfarrkirche zu Beckum †) A. ca. 500 J. | Hellgrau, äußerst feinkörnig. Bruch splittrig; sehr kompaktes, festes Gestein. | Die Oberfläche zeigt geringe Abblätterung. | I z. T. IC-I | 1) 90,48 2) E ₁ 3) W ₁ =0,72 | 0,27 b ₂ W ₂ =0,81 | |
| 226 | F. Rheinprovinz *) B. Burgruine Gerolstein (Kr. Daun (Trier)) A. ca. 480 J. | Blaß-rotgrau; stellenweise rote und weiße Partien von schwarzen Streifen durchzogen; zum Teil ziemlich grobkörnig-kristallinisch. Sehr kompaktes Gestein. | Oberfläche ziemlich stark ausgenagt, aber fest. | I-II | 1) 53,25 2) B ₁ z ₂ 3) W ₁ =0,37 | 41,81 b ₁₋₂ W ₂ =0,52 | |
| 227 | F. Brüche bei Raeren *) (Kr. Eupen) B. Pfarrkirche zu Raeren A. ca. 450 J. | Schwärzlich-grau; sehr homogen mit splittrigem Bruch; schlägt sich schichtig; Schichtung überdies durch Sprünge angedeutet; ziemlich hartes Gestein. | Die Oberfläche von feinen Rissen durchzogen, stellenweise mit Moos überwachsen. | I-II z. T. II | 1) 87,52 2) 0,7 C ₁ 3) 0,3 D ₁ W ₁ =0,06 | 10,10 b ₂ b ₃ W ₂ =0,07 | |

*) Bei d. Material älterer Bauwerke kann der Kohlenstoffgehalt in d. äußeren Gesteinsrinde ganz

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 853—854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|----------------------|----------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------------------------|
| — | — | — | 0,49 | — | — | — | 100,24 | — |
| β ₁ | gm ₄₋₅ | g ₂₋₃ | — | [p] | — | φ=XXXIII | — | ζ _r w ₁ =63 |
| W _v =0,67 | W _c =0,77 | P=2,43 | S ₁ =0,77 | γ ₁ =0,95 | Az ₁₋₂ b ₁ β ₁ Q 1,5 + 0 = 1,5 (I-II) | | | |

Marmor) der Devon-Formation

| | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------|----------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------------------|
| — | 0,42 | 0,91 | 1,87 | 0,25 | — | — | 100,17 | — |
| β ₁ | gm ₂₋₃ | g ₃ | s ₁ [gl] | [p] | s ₁ | φ IX b | — | ζ _r w ₁ =67 |
| W _v =0,79 | W _c =0,85 | P=2,74 | S ₁ =0,66 | γ ₁ =0,93 | B ₁₋₂ z ₁₋₂ b ₁ β ₁ ko Q (0,85 + 0) 1,1 = 0,94 (IC-I) | | | |
| — | 0,34 | 7,08 | | 0,13 | — | — | 100,24 | — |
| β ₂ | gm ₂₋₃ | g ₂ | a ₂ [gl] | [p] | [s ₃] | φ Ib | F ₁ =0,92 | ζ _r w ₁ =c. 69 |
| W _v =0,74 | W _c =0,75 | P=2,51 | S ₁ =0,93 S _r =0,81 | γ ₁ =0,9 | B ₁₋₂ z ₂ b ₁ β ₂ S _r Q 1,2 + 0,4 + 0,6 = 2,2 (II, 2) | | | |
| — | 0,68 | 4,70 | 2,71 | 0,14 ¹⁾ | — | — | 100,29 | — |
| β ₂ | gm ₂₋₃ | g ₂ | a ₂ [gl] | [p] | [s ₃] | φ Vb-XI b | — | ζ _r w ₁ =c. 59 |
| W _v =0,21 | W _c =0,26 | P=0,70 | S ₁ =0,808 | γ ₁ =0,91 | B ₁₋₂ z ₂ b ₁ β ₂ Q 1,2 + 0,4 = 1,6 (I-II) | | | |
| 0,93 | — | 2,71 | 3,77 | 1,15 ¹⁾ | — | — | 99,31 | — |
| β ₁ | gm ₁ | g ₂ | i ₁ [si] | [p] | — | φ VIII-IX d | — | ζ _r w ₁ =c. 72 |
| W _v =1,19 | W _c =1,31 | P=3,44 | S ₁ =0,618 | γ ₁ =0,98 | E ₁ b ₂ β ₁ Q 1 + 0 = 1 (I) | | | |
| 0,84 | — | 0,83 | 1,32 | 1,27 | — | — | 99,32 | — |
| β ₁ | gm ₂₋₅ | g ₄ | a ₁ [ko] | [p] | — | φ XXIII b | — | ζ _r w ₁ =c. 69 |
| W _v =0,56 | W _c =0,62 | P=2,16 | S ₁ =0,84 S _r =0,63 | γ ₁ =0,93 | B ₁ z ₂ b ₁₋₂ β ₁ ζ _r w ₁ ko Q (1,4 + 0 - 0,25) 1,5 = 1,73 (I-II : II) | | | |
| — | 0,25 | 2,68 | 0,03 | 0,61 | H ₂ S _I | — | 101,19 | — |
| β ₁ | gm ₂₋₄ | g ₃ | i ₁ [ko] | [p] | s ₂ | φ I | — | ζ _r w ₁ =c. 65 |
| W _v =0,07 | W _c =0,07 | P=0,59 | S ₁ =1,00 S _r =0,75 | γ ₁ =0,90 | [s ₂] | — | — | — |
| | | | | | C ₁ b ₂ β ₁ ζ _r w ₁ ko Q D ₁ b ₃ (1,69 + 0 - 0,12) 1,25 = 1,96 (II) | | | |

oder teilweise von vegetabil. Substanzen (Flechten usw.) bezw. von organ. Staubteilchen herrühren.

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 228 | A. Beckum *) (Westfalen) B. Evang. Kirche zu Rheda (Reg.-Bez. Münster) A. 240 J. | Hellgrau; mikrokristallinisch; mit splittrigem Bruch; schiefert beim Schlagen scherenartig ab; sehr hartes, kompaktes Gestein. | An der Oberfläche schiefrige Ablösung. | I-II bis II | 1) 2) 3) | 94,84 $E_{1-2} \frac{0,6 C}{0,4 D_1}$ $W_1 = 0,11$ | 1,91 b_1 $W_2 = 0,25$ |
| 229 | F. Umgegend von Eupen *) B.I. Pfarrkirche St. Nikolaus zu Eupen A. 150 J. B.II. Pfalz, Aachen; Alter Turm A. 1000 J. | Grau; mikrokristallinisch mit Eisenspat- und Kalkspatausscheidungen. Bruch splittrig bis muschlig; hartes, sehr kompaktes Gestein. | B.I: Spuren von Oberflächenverwitterung; vereinzelte Frostrisse. B.II: Die $FeCO_3$ -haltigen Kalkspatausscheidungen narbig ausgeagert. Überdies zeigt das Gestein starke Risse. | I-II | 1) 2) 3) | 93,93 C_2 $W_1 = 0,03$ | 0,21 b_2 $W_2 = 0,43$ |
| 230 | F. Raeren, Kr. Eupen B. Viadukt bei Aachen, Eisenb.-Strecke Rote Erde-Aachen †) A. 53 J. | Schwärzlich-grau. Sehr homogenes, sprödes Gestein mit glattem, nur wenig splittrigem Bruch. | Das Gestein wird rissig und zeigt Abbröcklungen. In den feinen Spalten ockerig-tonige Verwitterungsprodukte. | III-IV | 1) 2) 3) | 84,02 $\frac{C_3}{D_1}$ bei 3 tägiger Wasserlagerung | 1,20 b_{2-3} $W_2 = 0,38$ |
| 231 | F. Rittershausen (Rheinprovinz) B. Wegeüberführg. der Eisenbahn-Strecke Barmen-Rittershausen †) A. 45 J. | Schwarz. Homogenes, kompaktes, hartes Gestein mit splittrigem Bruch. | Das Gestein zeigt bereits beträchtliche Zerstörung. | III bis III-IV | 1) 2) 3) | 87,50 $E_4 - \frac{C_3}{D_2}$ bei 3 tägiger Wasserlagerung | 7,85 b_{3-4} $W_2 = 0,42$ |
| 232 | F. In dem Einschnitt 121,8 d. Eisenb.-Strecke Rittershausen-Schwelm i. W. B. Gewölbter Durchlaß daselbst †) A. 46 J. | Ungleichmäßig dunkel graugelb gefärbt. Reichlich mit Eisen-Kalkspat, Crinoideen und Muscheln durchwachsen. Ziemlich hartes, krummschichtig brechendes Gestein mit kompaktem Gefüge. | Das Gestein zeigt zum Teil bereits Abbröcklungen und Risse. | IV | 1) 2) 3) | 96,36 $E_4 - \frac{C_3}{D_2}$ bei 3 tägiger Wasserlagerung | 3,44 b_{3-4} $W_2 = 1,96$ |

Zahlenwerte siehe die Erklärungen auf S. 853-854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|---------------------|----------------|--------------------------|
| 0,83 β_3 $W_v = 0,35$ | — gm_1 $W_c = 0,59$ | 0,69 g_1 $P = 1,98$ | 1,89 — $S_1 = 0,44$ | — [p] $\gamma_{11} = 0,96$ | — [s ₃] | — φI | 100,16 — | — $\zeta, w_1 = 53$ |
| $E_{1-2} 0,6 C b_1 \beta_3 0,4 D_1 b_3 \beta_3$ $0,6 (0,25 + 0,8) + 0,4 (2 + 1)$ Q $= 1,83 (I-II : II)$ | | | | | | | | |
| 1,10 β_1 $W_v = 0,43$ | 0,22 gm_{1-3} $W_c = 0,43$ | 2,60 g_4 $P = 1,55$ | 1,52 $e_2 [es; cc]$ $S_1 = 1,00$ $S_r = 0,57$ | 0,56 [p] $\gamma_{11} = 0,83$ | $H_2 SI-II$ — | — φI | 100,14 — | — $\zeta, w_1 = 62$ |
| $C_2 b_2 \beta_1 ko Sr Q$ $(1 + 0) 1,2 + 0,5 = 1,7 (I-II : II)$ | | | | | | | | |
| — β_3 $W_v = 0,39$ | 0,15 gm_1 $W_c = 0,40$ | 5,31 g_2 $P = 1,43$ | 7,88 $i [ko_2]$ $S_2 = 0,90$ $S_r = 0,71$ | 0,24 [p]; p_3 $\gamma_{12} = 0,82$ | 0,64 — | — φI_a | 99,43 — | — $\zeta, w_2 = 59$ |
| $C_3 b_{2-3} \beta_4 [p] p_3 D_1 b_{2-3} \beta_4$ $[0,5 (1,25 + 0,9 + 0,27) + 0,5 (2 + 1,5$ $ko Q$ $+ 0,27)] 1,1 = 3,4 (III-IV); r (III)$ | | | | | | | | |
| — β_3 $W_v = 0,43$ | — gm_{3-4} $W_c = 0,43$ | 1,55 g_3 $P = 1,59$ | 2,77 $e_1 [q]$ $S_2 = 0,97$ $S_r = 0,73$ | 0,30 [p] $\gamma_{12} = 0,93$ | $H_2 SI$ — | 0,10 — | 100,07 0,98 | — $\zeta, w_2 = c.42$ |
| $C_3 b_{3-4} \beta_3 D_2 b_{3-4} \beta_3 \zeta, w_2$ $[0,5 (2,25 + 0,75) + 0,5 (3 + 1,5) - 0,8]$ $ko H_2 SI Q$ $1,12 \cdot 1,1 = 3,63 (III-IV); r (III)$ | | | | | | | | |
| — β_3 $W_v = 2,30$ | — gm_3 $W = 2,36$ | 0,52 g_3 $P = 6,39$ | 0,36 $e_2 [es]$ $S_2 = 0,83$ | — [p] $\gamma_{12} = 0,84$ | — [s ₁] | — φVI_c | 100,68 0,94 | — $\zeta, w_2 = c.40$ |
| $C_3 b_{3-4} \beta_3 D_2 b_4 \beta_3 \zeta, w_2$ $0,5 (2,25 + 0,75) + 0,5 (3 + 1,5) - 0,8$ $S_2 Q$ $+ 1,5 = 4,45 (IV-V); r (IV)$ | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----|
| Nr. 233 bis 238: Kalksteine | | | | | | | |
| 233 | F. Bruch der Gemeinde Walheim (Rheinprovinz) B. Rathaus zu Aachen †) A. 520 J. | Dunkelgrau, feinkörnig mit feinen Kalkspatadern. Schichtung stellenweise durch dünne Kalkspatlagen angedeutet. Sehr hartes Gestein mit kompaktem Gefüge und splittrigem Bruch. | Ziemlich starke, glatte, wellige Abwitterung. Gestein im Innern fest. | I | 1) 72,52 2) C ₂ 3) W ₁ = 0,52 | 19,70 b ₁ W ₂ = 0,72 | |
| 234 | F. Cornelimünster (Rheinprov.) *) B. Rathaus zu Aachen A. 520 J. | Schwärzlich-grau; ziemlich hartes, dichtes Gestein. | Sehr unbedeutende Verwitterungsrinde; im Innern vollkommen fest. | IC-I | 1) 94,89 2) C ₂ 3) W ₁ = 0,07 | 1,49 b ₁ W ₂ = 0,23 | |
| 235 | F. Cornelimünster B. Abteikirche zu Cornelimünst. †) A. 500 bis 900 J. | Sehr hartes, dichtes Gestein, von Kalkspatadern durchwachsen. Undeutliche Schichtung. | Sehr unbedeutende Verwitterungsrinde; im Innern vollkommen fest. | IA-C | 1) 95,55 2) C ₂ 3) W ₁ = 0,16 | 0,82 b ₁ W ₂ = 0,20 | |
| 236 | F. Ecaussinnes (Belgien) B. Schleuse vor d. alten Hafen zu Bremerhaven †) A. 60 J. | Grauschwarz. Stark bituminös mit unregelmäßigen, stark kohligem Zwischenlagen. Ziemlich hartes, kompaktes, kristallinisches Gestein. | Mäßige, glatte Verwitterungsrinde. In der Umgebung der Anker und Bolzen zersplittert. | I-II z. T. II-III | 1) 95,67 2) H ₁ -C ₃ 3) bei 30 tägiger Wasserlagerung Anm.: Beim Einstem- | 1,74 b ₁ W ₂ = 0,2 | |
| 237 | F. Herdringen bei Neheim-Hüsten (Westfalen) B. Ruhrbrücke bei Wickede †) (Reg.-Bez. Arnsberg) A. 23 J. | Schwarz. In unregelmäßigen Abständen glatt spaltend. | Einzelne Steine zerklüftet, andere zeigen nur einen wenig beträchtliche, glatte Verwitterungsrinde. | II-III z. T. IV | 1) 89,79 2) B ₂ 3) bei 30 tägiger Wasserlagerung | 1,89 b ₄ W ₂ = 0,41 | |
| 238 | F. Oese *) (Westfalen) B. Brücke über die Oese, Eisenb.-Strecke Hemer-Menden A. 11 bis 12 J. | Grauschwarzer, schiefriger, sehr feinkörniger, harter Kieselkalkstein. Bruch splittrig bis muschlig. Eisenkies sehr reichlich in größeren und kleineren Partien. Dünnschichtiges Gestein. | An vielen Quadern zeigen sich Abblätterungen; einzelne Steine sind zerklüftet. | IV z. T. V | 1) 55,39 2) K ₂ - C ₄ / D ₁ 3) bei 30 tägiger Wasserlagerung | 0,80 b ₃ W ₂ = 0,36 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärungen auf S. 853 - 854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|----------------------------------|-----------------------|------------------|------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| der Steinkohlen-Formation | | | | | | | | |
| 2,31 | — | 1,56 | 2,05 | — | Spuren | Spuren | 98,14 | — |
| β ₁ | gm ₂₋₃ | g ₁₋₂ | a ₁ [cc] s ₁ | [p] | s ₁ | φ I | 0,92 | ζ _r w ₁ = c.60 |
| W _v = 0,84 | W = 0,84 | P = 0,82 | S ₁ = 0,86 S _r = 0,75 | η ₁ = 0,90 | — | — | — | — |
| | | | | | C ₂ b ₁ β ₁ S ₁ Q 0,25 + 0 + 0,75 = 1 (I) | | | |
| 0,29 | — | 1,06 | 1,26 | 0,48 | CaO = 0,96 MgO = 0,02 | an Si O ₂ gebunden φ IIIb/XXVb V = 1,4 | 100,45 | — |
| β ₁ | gm ₁₋₃ | g ₂ | — | [p] | s ₁ | — | 0,96 | ζ _r w ₁ = 72 |
| W _v = 0,24 | W _c = 0,34 | P = 1,31 | S ₁ = 0,67 | η ₁ = 0,85 | | | | |
| | | | | | C ₂ b ₁ β ₁ g ₂ ζ _r w ₁ ko Q (0,25 + 0 + 0,05 + 0,35) 1,2 = 0,78 (IC) | | | |
| 0,25 | — | 1,49 | 1,76 | 0,32 | — | — | 100,19 | — |
| β ₁ | gm ₁₋₃ | g ₂ | a ₂ [cc] | [p] | s ₁ | φ I/IIa | — | ζ _r w ₁ = 78 |
| W _v = 0,20 | W _c = 0,30 | P = 1,22 | S ₁ = 0,66 | η ₁ = 0,91 | | | | |
| | | | | | C ₂ b ₁ β ₁ g ₂ ζ _r w ₁ ko Q (0,25 + 0 + 0,05 + 0) 1,15 = 0,35 (IA-B) | | | |
| — | 0,32 | — | 2,56 | 1,5 | I H ₂ S | — | 100,79 | — |
| β ₂ | gm _{1; 3-5} | g ₄ | e ₁ [q] us ₂ [ko] | [p] | — | φ I | — | ζ _r w ₃ = c.42 |
| W _v = 0,25 | W _c = 0,33 | P = 1,29 | S ₃ = 0,75 | η ₃ = 0,81 | | | | |
| | | | | | H ₁ -C ₃ b ₁ β ₂ g ₄ ζ _r w ₃ ko H ₂ S (0,25 + 0,4 + 0,05 + 0,38) 1,8 S ₃ Q + 0,5 = 2,4 (II-III); r (I-II) | | | |
| — | 0,25 | 1,54 | 6,64 | 0,81 | — | — | 100,62 | — |
| β ₂ | gm ₂₋₄ | g ₃ | e ₂ [q] | [p] | — | φ I | — | ζ _r w ₃ = c.40 |
| W _v = 0,48 | W _c = 0,54 | P = 1,63 | S ₃ = 0,76 | η ₃ = 0,86 | | | | |
| | | | | | B ₂ b ₄ β ₂ ko Q (3 + 0,05) 1,32 = 4,03 (IV); r (III) | | | |
| 0,93 | — | 2,65 | 36,90 | 0,46 | 0,70 | — | 96,74 | — |
| β ₁ | gm ₁₋₃ | g ₄ | s ₂ [si] e [ks] | [p] | s ₄ | φ I | F ₃ = 0,79 | ζ _r w ₃ = 62 |
| W _v = 0,38 | W _c = 0,40 | P = 0,64 | S ₃ = 0,9 | η ₃ = 0,92 | | | | |
| | | | | | C ₄ b ₃ β ₁ g ₄ D ₁ b ₃ β ₁ g ₄ ζ _r w ₃ [0,5 (1,5 + 0,1) + 0,5 (2 + 0,1) - 0,24] ko ks K ₂ S ₃ Q 1,1 · 1,02 - 0,35 + 3,5 = 4,95 (V); r (IV) | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Nr. 239 bis 242a: Kalksteine | | | | | | | |
| 239 | F. Kammerforstberg b. Ellrich *) (Reg.-Bez. Erfurt) B. Wernaisches Tor in Ellrich A. 580 J. | Aschgrau. Mikrokristallin, aber stark zellig und kavernös. Sehr hartes Gestein. | Narbig ausgenagte, aber feste Oberfläche. Die Risse im Mauerwerk wohl durch bauliche Mängel verursacht. | I bis I-II | 1) 2) 3) | 55,09 G ₁ 4 c ₁₋₂ W ₁ =2,20 | 43,91 b ₂ W ₂ =2,41 |
| 240 | F. Rainberg bei Ellrich *) B. Ravens-Turm in Ellrich A. c. 650 J. | Dunkelashgrau; dickschiefrig. Spuren von splittrigem Bruch. Sehr hartes Gestein, jedoch mit unregelmäßig-schichtigen, tonigen Einlagerungen. | Die Oberfläche ist stark abgeblättert und bröcklig. | II | 1) 2) 3) | 46,78 C ₂ W ₁ =1,20 | 32,28 b ₁₋₃ W ₂ =1,21 |
| 241 | F. Pontelsberg bei Ellrich *) B. Walkenrieder Tunnel Eisen-Strecke Northheim — Nordhausen A. 25 J. | Hellgrau. Unregelmäßig krummsplittrig brechendes ziemlich hartes Gestein. | Das Flügelmauerwerk des Tunnels zeigt beträchtliche Abblätterung. | IV-V | 1) 2) 3) | 96,43 0,7 D ₁ 0,3 D ₂ W ₁ =4,64 bei 10 tägiger Wasserlagerung | 1,72 b ₃₋₄ W ₂ =5,35 W ₂ =6,32 |
| 242 ^a | F. Aus den braunschweigischen Brüchen. (Nähere Angabe fehlt.) B. Kesselschleuse Emden †) A. 8 J. | Hell aschgraues, ziemlich hartes Gestein. | Zum Teil unbedeutende, feinporig ausgenagte Verwitterungsrinde zum Teil stärkere Verwitterung. | IV | 1) 2) 3) | 60,72 B ₁₋₂ z ₁₋₂ bei 30 tägiger Wasserlagerung | 36,67 b ₃₋₄ W ₂ =3,31 |

Nr. 243 bis 251: Rogensteine

| | | | | | | | |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 243 | F. Beesenlaublingen (Sachsen) B. Kirche zu Beesenlaublingen †) A. 800 J. | Grau. Kompaktes, hartes Gestein mit splittrigem Bruch. | Zum Teil sehr gut erhalten und fest, zum Teil locker und an der Oberfläche abgewittert. | IB z. T. I | 1) 2) 3) | 90,43 Fe ₂ -C ₂ W ₁ =0,14 | 1,66 b ₁ W ₂ =0,26 |
| 244 | F. Beesenlaublingen (Sachsen) B. Kirche daselbst ††) A. 800 J. | Grau. Die Grundmasse erscheint in dem jetzt gefördert Bruchgestein bereits angewittert. | Starke Oberflächenverwitterung. Gestein mürbe u. tonig. | I-II bis II | 1) 2) 3) | 74,78 F ₃ -C ₃ W ₁ =1,21 | 1,62 b ₁ W ₂ =1,45 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 853—854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|--------------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------|-------------------------------------|
| der Zechstein-Formation | | | | | | | | |
| — | 0,18 | 0,38 | 0,12 | 0,52 | — | — | 100,20 | — |
| β ₁ | gm ₁₋₃ | g ₃ | — | π ₂ | — | — | — | ζ _r w ₁ =c.65 |
| W _v =3,71 | W _c =4,58 | P=11,50 | S ₁ =0,53 | γ ₁ =0,98 | G ₁ b ₂ β ₁ g ₃ π ₂ ko Q (1 + 0,05 + 0,4) 1,2 = 1,74 (I-II) | | | |
| 0,20 | — | 19,27 | — | 0,68 | — | — | 99,21 | — |
| β ₃ | gm ₁₋₂ | g ₃ | us ₄ [t | p ₁ | s ₃ | — | — | ζ _r w ₁ =c.68 |
| W _v =1,31 | W _c =1,53 | P=4,14 | S ₁ =0,791 | γ ₁ =0,87 | C ₂ b ₁₋₃ β ₃ g ₃ ko S ₁ Q (0,87 + 0,75 + 0,05) 1,24 + 0,5 = 2,6 (II-III) | | | |
| — | 0,05 | 0,43 | 1,02 | 0,50 | II H ₂ S | — | 100,15 | — |
| β ₄ | gm ₁₋₂ | g ₃ | — | p _{2; 6} | s ₁ | — | — | ζ _r w ₂ =c.46 |
| W _v =7,54 | W _c =9,51 | P=21,28 | S ₂ =0,56 | — | D ₁ b ₃ β ₄ p _{2; 6} ζ _r w ₂ D ₂ b ₄ β ₄ [0,7(2 + 1,5 + 0,4 - 0,95) + 0,3(3 + 2 p _{2; 6} ζ _r w ₂ ko H ₂ S Q + 0,5 - 1,6)] 1,2 • 1,3 = 5,05 (V); r (IV-V) | | | |
| — | 0,46 | 1,45 | — | 1,91 | — | — | 101,21 | — |
| β ₅ | gm _{2; 3} | g ₂ | — | p _{2; 5} | — | φ XXIII c | — | ζ _r w ₃ =c.48 |
| W _v =3,46 | W _c =3,94 | P=10,02 | S ₃ =0,84 | γ ₃ =0,87 | B ₁₋₂ b ₃₋₄ β ₅ p _{2; 5} ζ _r w ₃ S ₃ Q 2,6 + 0,35 + 0,5 - 1,0 + 2,1 = 4,55 (IV-V); r (III-IV) | | | |

der Buntsandstein-Formation

| | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------|-------------------------------------|
| — | 0,30 | 3,77 | 3,23 | — | — | — | 99,39 | — |
| β ₃ | gm ₁ | g ₁ | e ₂ [q | [p] | — | — | — | ζ _r w ₁ =72 |
| W _v =0,37 | W _c =0,37 | P=1,38 | S ₁ =0,7 | γ ₁ =0,89 | F ₂ C ₂ b ₁ β ₃ Q 0,25 + 0,7 = 0,95 (I) | | | |
| — | 0,94 | 11,76 | 10,70 | 0,52 | — | — | 100,88 | — |
| β ₅ | gm ₁₋₂ | g ₁₋₂ | e ₄ [q; t | p ₃ | — | — | — | ζ _r w ₁ =c.58 |
| W _v =1,93 | W _c =1,94 | P=5,35 | S ₁ =0,75 | γ ₁ =0,87 | F ₂ C ₂ b ₁ β ₃ p ₃ ko S ₁ Q (0,25 + 0,7 + 0,45) 1,2 + 0,3 = 1,98 (II) | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 245 | F. Am hohen Berg und Schloßchen bei Sangerhausen *) B. Schloß z. Sangerhausen A. Älterer Teil 800 J. | Rostbraun. Kompaktes und sehr hartes Gestein. Schlägt sich glattflächig nach der undeutlich ausgebildeten Schichtung. | Ziemlich beträchtliche Verwitterung an den Kanten; die oolithischen Körner teilweise ausgenagt, sonst nach der Schichtung stellenweise etwas zerklüftet. | IC z. T. I | 1) 2) 3) | 88,85 F ₂ -C ₂ W ₁ = 0,11 | 0,21 b ₁ W ₂ = 0,31 |
| 246 | F. Vermutl. Harlyberg bei Vienenburg (Hannover) B. Wohn- u. Wirtschaftsgebäude der Domäne Vienenburg †) A. Mehrere hundert Jahre. | Rotgraues, ziemlich hartes und kompaktes Gestein. | Die oolithischen Körner an der Oberfläche z. T. ausgewittert. Ecken und Kanten zeigen teilweise sehr beträchtliche Zerstörung. | II? | 1) 2) 3) | 69,76 F ₄ -C ₃ W ₁ = 1,93 | 3,15 b _{1;3} W ₂ = 2,08 |
| 247 | F. Bernburg *) B. Durchlaß der Eisenb.-Strecke Dessau-Cöthen. A. 56 J. | Dunkelgrau. Hartes Gestein mit deutlicher Schichtung und splittrigem Bruch. | Einzelne Steine zeigen bereits geringe Abbröcklungen. | z. T. II-III | 1) 2) 3) | 80,80 F ₅ -C ₃ W ₁ = 0,17 | 4,39 b _{1;4} W ₂ = 0,31 |

Nr. 251 bis 292: Kalksteine

| | | | | | | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 251 | F. Asse bei Schöppenstedt (Braunschweig) B. Plattenkanal der Eisenb.-Strecke Braunschweig-Jerxheim †) A. 55 J. | Gelblich-weiß. Überaus muschelreich und zellig, mit Überwindung von Kalkspat auf den Hohlräumen. Ziemlich mürbes Gestein. | Die Widerlager in Höhe des Wasserspiegels beginnen stark bröcklig zu werden. | III bis III-IV | 1) 2) 3) | 96,93 G ₂₋₄ -C ₁₋₄ W ₁ = 7,81 bei 10 tägiger Wasserlagerung | 0,76 b ₁₋₄ W ₂ = 8,11 = 10,81 |
| 252 | F. Zwisch. Pallien und Temmels bei Trier *) | Gelblich-weiß; feinkavernös. Hartes, kompaktes Gestein. | s. Nr. 253. | — | 1) 2) 3) | 52,89 C ₂ W ₁ = 0,08 | 42,84 b ₁ W ₂ = 0,12 |
| 253 | F. Zwisch. Pallien und Temmels B. Römisches Amphitheater zu Trier †) A. 1800 J. | Gelblich-weiß. Ziemlich hartes, kompaktes Gestein. | Unbedeutende Verwitterungsrinde. | IA | 1) 2) 3) | 53,97 B ₁₋₂ W ₁ = 3,35 Anm.: Der Kohlenstoff | 37,61 b ₁ W ₂ = 3,72 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 853—854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|-----------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------|-------------------------------------|
| — | 1,42 | — | 7,81 | 0,23 | — | — | 98,52 | — |
| β ₂ | gm ₁ | g ₁ | e ₃ [q] | [p] | s ₁ [s ₁] | φ I | — | ζ _{r,w₁} = 76 |
| W _v = 0,46 | W _c = 0,55 | P = 1,87 | S ₁ = 0,56 | γ ₁ = 0,94 | F ₂ C ₂ b ₁ β ₂ ko Q (0,25 + 0,4) 1,1 = 0,72 (IC) | | | |
| 1,37 | — | 16,16 | 11,32 | — | — | 0,40 | 102,16 | — |
| β ₃ | gm ₁₋₃ | g ₃ | e ₄ [q; t] | p ₃ | — | — | — | ζ _{r,w₁} = c.57 |
| W _v = 2,43 | W _c = 3,26 | P = 8,11 | S ₁ = 0,64 | γ ₁ = 0,86 | F ₄ C ₃ b _{1;3} β ₃ g ₃ p ₃ Q 0,87 + 0,75 + 0,05 + 0,4 = 2,07 (II) | | | |
| — | 0,68 | 6,67 | 7,34 | 0,93 | — | — | 99,93 | — |
| β ₂ | gm ₂₋₃ | g ₃ | e ₃ [q; t] | [p] | s ₂ | φ IXc-VId | — | ζ _{r,w₂} = c.49 |
| W _v = 0,41 | W _c = 0,74 | P = 2,36 | S ₂ = 0,42 | γ ₂ = 0,81 | F ₅ C ₃ b _{1;4} β ₂ g ₃ ko Q (1,62 + 0,5 + 0,05) 1,35 = 2,93 (III) r; (H-III) | | | |

der Muschelkalk-Formation

| | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------|-------------------------------------|
| — | 0,35 | 1,81 | 0,26 | — | — | — | 100,11 | — |
| β ₄ | gm ₃ | g ₄ | — | π ₂ ; 4 t ₁₋₃ | — | φ ^{XXIII-XXII d} V = 1,7 | — | ζ _{r,w₂} = c.35 |
| W _v = 11,85 | W _c = 13,56 | P = 26,27 | 0,57 | — | G ₂₋₄ C ₁₋₄ b ₁₋₄ β ₄ g ₁ π t ζ _{r,w₂} 1,82 + 1,0 + 0,1 + 0,48 = 0,7 | | | |
| = 13,16 | = 13,70 | — | S ₂ = 0,80 | γ ₂ = 0,83 | S ₂ Q + 1,5 = 4,2 (IV ₂); r (III) | | | |
| 0,49 | — | 0,82 | 2,52 | 0,36 | — | — | 99,92 | — |
| β ₁ | gm ₂ | g ₂ | — | [p] p ₅ | — | φ XXIII b | — | ζ _{r,w₁} = c.82 |
| W _v = 0,18 | W _c = 0,28 | P = 1,21 | S ₁ = 0,43 | γ ₁ = 0,96 | C ₂ b ₁ β ₁ g ₂ [p] p ₅ ko Q (0,25 + 0 + 0,05 + 0,22) 1,15 = 0,60 (IB) | | | |
| — | 1,09 | 1,82 | 5,20 | 0,26 | — | — | 99,95 | — |
| β ₁ | gm ₁ | g ₂ | — | [p] | — | φ II b | — | ζ _{r,w₁} = c.99 |
| W _v = 3,89 | W _c = 5,01 | P = 1,23 | S ₁ = 0,74 | γ ₁ = 0,98 | B ₁₋₂ β ₁ g ₂ ζ _{r,w₁} ko Q (0,5 + 0,05 - 0,1) 1,1 = 0,49 (IB) | | | |

ist wohl auf einen Gehalt an vegetabilischer Substanz zurückzuführen.

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----|
| 254 | F. Hainberg bei Göttingen B. Rathaus zu Göttingen †) A. 522 J. | Sehr festes, hartes Gestein mit splittrigem Bruch ohne wahrnehmbare Schichtung. | Ohne namhafte Verwitterungsrinde. | IB | 1) 89,29 2) H ₁₋₂ C ₂ 3) W ₁ = 0,20 | 1,54 b ₁ W ₂ = 0,28 | |
| 255 | F. Jühnde *) (Kr. Münden) B. Evang. luth. Kirche, Schloß, Turm A. 600 J. | Gelbgrau. Sehr hart und fest. Schichtung nur durch Muschelnlagerung angedeutet. | Ohne namhafte Verwitterungsrinde. | IB bis IC | 1) 96,32 2) G ₁ C ₁ 3) W ₁ = 3,07 | 0,87 b ₁ W ₂ = 3,13 | |
| 256 | F. Goslar B. Ruine des Georgenberges †) A. 760 J. | Hellgrau. Ziemlich hartes, festes und kompaktes Gestein mit splittrigem Bruch. Von Kalkspatadern durchsetzt. | Ohne namhafte Verwitterungsrinde. | IB | 1) 92,52 2) C ₂ 3) W ₁ = 0,20 | 3,05 b ₁ W ₂ = 0,47 | |
| 257 | F. Umgegend von Bielefeld *) B. Neustädter Kirche zu Bielefeld A. 600 J. | Gräu; sehr muschelreich, ziemlich hart mit splittrigem Bruch. Schichtung nur durch Muschelnlagerung angedeutet. | Unbedeutende Ausnagung zwischen den Muschelresten, sonst nahezu unverändert. Anm.: Das Baumaterial zeigt etwas festere Kornbindung als das gegenwärtige Bruchgestein. | IB-C | 1) 79,70 2) H ₁ C ₁ 3) W ₁ = 0,28 | 14,07 b ₁ W ₂ = 0,68 | |
| 258 | F. Umgegend von Bielefeld B. Burgruine Sparenberg †) A. 600 J. | Dunkelgrau; muschelreich; sehr hart. Etwas Eisenocker auf den spärlichen Hohlräumen. | Geringe Verwitterungsrinde durch Ausnagung zwischen den Muschelresten. | IC-I | 1) 94,48 2) H ₁ C ₂ 3) W ₁ = 0,28 | 1,24 b ₁ W ₂ = 0,43 | |
| 260 | F. Groß- u. Klein-Wenden *) (Kr. Nordhausen) B. Romanische Basilika, Domäne Münchenlohra A. 850 J. | Hellgraugelb; sehr stark schaumporig mit spärlichen, größeren Muschelresten. Schichtung nicht wahrnehmbar. Festes Gestein. | Geringe, vollkommen feste Verwitterungsrinde. Anm.: Das Baumaterial ist weniger porös als das gegenwärtige Bruchgestein. | IA | 1) 95,79 2) G ₁ C ₁ 3) W ₁ = 2,94 | 1,37 b ₁ W ₂ = 3,17 | |
| 262 | F. Bei Hüpstedt und Birkungen (Sachsen) B. Kloster Reifenstein †) A. 250 J. | Hellgelblichgrau; sehr muschelreich mit Steinkernen und reichlichen Hohlräumen. Schichtung durch Muschellagen angedeutet. Festes Gestein. | Unbedeut. Verwitterungsrinde durch Ausnagung an den Muschel Hohlräumen. | I z. T. I-II | 1) 97,86 2) G-C ₄ 3) W ₁ = 2,76 | 0,95 b ₁ W ₂ = 3,05 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 853—854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------|-------------|-------------------------------------------|
| — β ₁ W _v = 0,34 | 0,25 gm ₁ ; 3-4 W _c = 0,67 | 2,29 g ₄ P = 2,18 | 4,38 — S ₁ = 0,42 | 0,23 [p] η ₁ = 0,93 | — s ₁ | — — | 97,98 — | — ζ _v w ₁ = c.84 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> H₁₋₂C₂b₁ β₁ g₄ ko Q (0,25 + 0 + 0,2) 1,1 = 0,49 (IB) </div> | | | | | | | | |
| 1,54 β ₁ W _v = 7,27 | — gm ₁ W _c = 8,64 | — g ₁ P = 18,99 | 1,10 — S ₁ = 0,36 | 0,35 π ₄ ; 4c, 2t ₁ η ₁ = 0,96 | — sm | — φ VIa | 100,18 — | — ζ _v w ₁ = c.95 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> G₁C₁b₁ β₁ π₄ ko Q (0,25 + 0 + 0,55) 1,1 = 0,88 (IC) </div> | | | | | | | | |
| — β ₁ W _v = 0,50 | 0,25 gm ₁ W _c = 3,51 | 1,01 g ₁ P = 9,01 | 2,36 a ₁ [cc] S ₁ = 0,13 | CaO=0,97 MgO=0,03 [p] η ₁ = 0,91 | an SiO ₂ gebunden — | — φ V-II d | 100,19 — | — ζ _v w ₁ = c.75 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> C₂b₁ β₁ ζ_vw₁ ko Q 0,35 + 0 + 0,1 = 0,45 (IB) </div> | | | | | | | | |
| — β ₂ W _v = 0,69 | 0,37 gm W _c = 0,79 | 1,89 g ₁ P = 2,50 | 2,28 — S ₁ = 0,54 | 0,27 p ₁₋₄ η ₁ = 0,93 | — sm ₁ | — φ I | 99,58 — | — ζ _v w ₁ = c.78 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> H₁C₁b₁ β₂ p₁₋₄ ζ_vw₁ ko Q (0,22 + 0,4 + 0,25 - 0,15) 1,1 = 0,82 (IC-I) </div> | | | | | | | | |
| — β ₂ W _v = 0,54 | 0,17 gm ₁ W _c = 0,76 | 2,42 g ₁ P = 2,42 | 1,08 e ₁ [ok] S ₁ = 0,56 | 0,25 p ₁₋₄ η ₁ = 0,91 | — s ₁ | — φ I | 99,64 — | — ζ _v w ₁ = c.74 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> H₁C₂b₁ β₂ p₁₋₄ ζ_vw₁ ko Q (0,35 + 0,4 + 0,25 - 0,1) 1,1 = 0,99 (I) </div> | | | | | | | | |
| 0,32 β ₁ W _v = 3,70 | — gm ₁ W _c = 6,47 | 0,58 g ₁ P = 14,52 | 1,41 — S ₁ = 0,49 | — π ₃ ; 1 C ₂ η ₁ = 0,96 | — — | — φ XIX d | 99,47 — | — ζ _v w ₁ = c.89 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> G₁C₁b₁ β₁ g₁ π₁ ko Q 0,25 + 0 + 0 + 0,45 = 0,7 (IC) </div> | | | | | | | | |
| — β ₃ W _v = 6,03 | 0,44 gm ₁₋₂ W _c = 10,96 | 0,08 g ₂ P = 21,98 | 0,91 — S ₁ = 0,28 | — π ₂ ; 2c, 2t ₁ η ₁ = 0,94 | — sm | — φ XXXII d | 100,24 — | — ζ _v w ₁ = c.73 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> G₁C₁b₁ β₃ g₂ π₂ ζ_vw₁ ko Q 0,25 + 0,7 + 0,05 + 0,35 - 0,2 = 1,15 (I:I-II) </div> | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 263 | F. Auf dem Röddel, Flur Balgstädt a. d. Unstrut B. Dom in Naumburg †) A. 700 bis 800 J. | Hellgelbgrau; stellenweise stark schaumporig; ziemlich fest. Schichtung durch Muscheleinlagerung und Streifung angedeutet. | Unbedeutende Verwitterungsrinde; geringe Festigkeitsverminderung. | IB | 1) 2) 3) | 96,62 G ₁ -C ₁ W ₁ = 3,60 | 0,42 b ₁ W ₂ = 4,20 |
| 264 | F. Gemeinde Holtensen bei Northeim *) B. Kirche St. Sixti, Northeim A. 600 J. | Aschgrau; stark schaumporig bis kavernös. Ziemlich deutliche Schichtung. | a) Sockelmauerwerk verwittert und vor 20 Jahren erneuert. b) Oberfläche der Werksteine am aufsteigenden Mauerwerk nicht unbedeutend, aber glatt abgewittert. Gestein im Innern ziemlich mürbe. | a) II-III b) I bis I-II | 1) 2) 3) | 95,43 G-C ₄ W ₁ = 7,51 bei 10 tägiger Wasserlagerung | 0,63 b ₁₋₂ W ₂ = 7,88 = 18,78 |
| 265 | F. Bei Hotteln (Hannover) B. Kirche z. Hotteln A. c. 300 J. | Hellgelbgrau; dicht, mit splittrigem Bruch; die zahlreichen, sehr kleinen Poren mit Ocker erfüllt. Das harte Gestein zeigt beim Zerbrechen schichtenförmige Ablösungen. | Zum Teil vollständig verwittert. Die Mauerflächen sind deshalb verputzt worden. | z. T. III | 1) 2) 3) | 96,55 H ₃ -C ₃ W ₁ = 1,84 | 1,55 b ₂₋₅ W ₂ = 1,96 |
| 266 | F. Angebl. Betheln (Hannover) B. Kirche m. Turm zu Betheln †) A. 100 J. | Gelbgrau. Muschelreiches, ziemlich hartes Gestein mit kleinen Kalkspatdrusen. | Unbedeutende Verwitterungsrinde mit Flechten überwachsen. | I-II | 1) 2) 3) | 96,16 H ₁ C ₂₋₃ W ₁ = 1,39 | 0,84 b ₁ W ₂ = 1,46 |
| 267 | F. Hellenberg, Gemark. Dorste *) B. Schloßkirche, Domäne Catlenburg A. 500 J. | Dunkelgrau m. schwärzlichen, bituminösen Lagen auf den Schichtflächen. Bruch unregelmäßig splittrig bis schieferrig. Hartes, kompaktes Gestein. | Die Oberfläche zeigt unregelmäßige Abwitterung. Gestein im Innern fest. | I-II | 1) 2) 3) | 51,02 C ₂₋₃ W ₁ = 0,30 | 39,71 b ₂ W ₂ = 0,53 1) Zusammensetzung der |
| 268 | F. Städtische Kalksteinbrüche zu Aschersleben (Sachsen) B. St. Stephankirche zu Aschersleben †) A. 450 J. | Hellgraugelb; sehr muschelreich mit Steinkernen; stark zellig. Auf den Hohlräumen Eisenocker. Schichtung durch Muschel Hohlräume angedeutet. Festes Gestein. | Vorstehende Architekturteile (Gesimse usw.) beträchtlich verwittert. Namentlich die Muschel Hohlräume stark ausgegagt. | I | 1) 2) 3) | 96,41 G ₁ -C ₁ W ₁ = 0,21 | 1,39 b ₁₋₂ W ₂ = 0,30 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 853-854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------|----------------------------------------------|
| — | 0,46 | 0,58 | 0,96 | 0,07 | — | — | 99,11 | — |
| β_1 | gm ₃ | g ₁ | — | $\pi_2; 1c_1$ | sm | φ XXIII d | — | $\zeta, w_1 = c. 68$ |
| $W_v = 6,03$ | $W_c = 14,27$ | $P = 25,47$ | $S_1 = 0,29$ | $\gamma_1 = 0,93$ | G ₁ C ₁ b ₁ β_1 π_2 Q 0,25 + 0 + 0,35 = 0,6 (IB) | | | |
| 0,16 | — | 0,62 | 1,07 | 0,62 | — | — | 98,53 | — |
| β_1 | gm ₁ | g ₁ | — | $\pi_3; 1c_3$ | — | $\varphi = XXIII d$ | — | $\zeta, w_1 = c. 49$ $\zeta, w_2 = c. 44$ |
| $W_v = 19,08$ | $W_c = 21,19$ | $P = 36,47$ | $S_1 = 0,37$ | $\gamma_1 = 0,91$ | a) G C ₄ b ₁₋₂ β_1 π_3 ζ, w_2 ko S_2 Q (0,62 + 0 + 0,45 + 0,2) 1,3 + 0,9 = 2,6 (II-III) | | | |
| = 21,37 | = 23,45 | — | $S_2 = 0,80$ | $\gamma_2 = 0,85$ | b) (0,62 + 0 + 0,45 + 0,2) 1,3 = 1,65 (I-II) | | | |
| 0,42 | — | 0,45 | 1,37 | 0,09 | — | — | 100,43 | — |
| β_{2-3} | gm ₁₋₅ | g ₄ | e ₃ [ok] | p ₃ | [s ₁₋₂] | φ IIIa Xa | — | $\zeta, w_1 = c. 42$ |
| $W_v = 2,98$ | $W_c = 3,74$ | $P = 9,18$ | $S_1 = 0,52$ | $\gamma_1 = 0,86$ | H ₃ C ₃ b ₂₋₅ β_{2-3} g ₄ p ₃ ζ, w_1 Q 2,5 + 0,7 + 0,07 + 0,47 = 3,64 (III) | | | |
| — | 0,32 | 0,35 | 1,31 | 0,46 | — | — | 99,44 | — |
| β_3 | gm ₂₋₃ | g ₃ | e ₂ [cc] | p ₁ | — | — | — | $\zeta, w_1 = c. 61$ |
| $W_v = 2,10$ | $W_c = 4,13$ | $P = 10,25$ | $S_1 = 0,35$ | $\gamma_1 = 0,92$ | H ₁ C ₂₋₃ b ₁ β_3 g ₃ p ₁ ko Q (0,25 + 0,7 + 0,1 + 0,15) 1,2 = 1,44 (I-II) | | | |
| — | 1,34 | 2,60 ¹⁾ | 2,96 | 2,10 | — | — | 100,69 | — |
| β_2 | gm ₁ | g ₃ | us ₂ [ko] | [p] | s ₁ | — | — | $\zeta, w_1 = c. 66$ |
| $W_v = 0,67$ | $W_c = 1,08$ | $P = 3,35$ | $S_1 = 0,49$ | $\gamma_1 = 0,87$ | C ₂₋₃ b ₂ β_2 g ₃ ζ, w_1 ko Q (0,25 + 0,4 + 0,1 + 0,1) 1,8 = 1,51 (I-II) | | | |
| abgeschlammten Tonsubstanz: 77,0 Si O ₂ , 21,25 Al ₂ O ₃ , 1,75 Fe ₂ O ₃ in Gew.-%. | | | | | | | | |
| — | 0,25 | 1,49 | 0,24 | 0,57 | — | — | 100,35 | — |
| β_3 | gm ₁₋₂ | g ₃ | e ₂ [ok] | $\pi_4; 1c_3$ | s ₁ | φ XXXI/ XXXII | — | $\zeta, w_1 = c. 69$ |
| $W_v = 0,49$ | $W_c = 0,50$ | $P = 1,72$ | $S_1 = 0,60$ | $\gamma_1 = 0,89$ | G ₁ C ₁ b ₁₋₂ β_3 π_4 ζ, w_1 ko Q (0,62 + 0,45 + 0,57 - 0,24) 1,2 = 1,68 (I-II); r (I) | | | |

Anmerkung: Über die Bezeichnung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 269 | F. Am Sonnenstein bei Holungen *) (Sachsen) B. Kloster Gerode, Domäne Gerode A. 250 J. | Hellgelbgrau, stark schaumig m. vereinzelt Steinkernen; ziemlich weich. Schichtung durch Muscheln angedeutet. | Das Mauerwerk ist stark zerklüftet. Das Gestein teils oberflächlich abgewittert, teils noch ziemlichguterhalten. | I-II z. T. II-III | 1) 2) 3) | 98,82 G ₁ -C ₄ W ₁ = 3,60 | 0,33 b ₈ W ₂ = 4,05 |
| 270 | F. Umgeg. v. Dramfeld, Klostergut Mariengarten *) (Hannover) B. Kirche zu Dramfeld A. 120 J., älteste Teile 217 J. | Grau, gelb gefleckt. Unregelmäßige Struktur. Stark porös; Poren mit Ocker erfüllt. Reichlich Crinoidenstiele. Schichtung undeutlich. Schlagfläche uneben. Ziemlich hartes Gestein. | Die Sockelquadern zeigen stellenweise namhafte Verwitterung. Das Gestein am aufsteigenden Mauerwerke noch gut erhalten. | I-II | 1) 2) 3) | 96,43 H-C ₄ -5 W ₁ = 0,40 | 1,09 b ₁ W ₂ = 0,61 |
| 272 | F. Westerberg bei Osnabrück B. Brücke über die Hase bei der Vitischanze †) A. 333 J. | Graugelb. Ohne wahrnehmbare Schichtung u. Schieferung. Hartes Gestein. | Unbedeutende, ungleichmäßige, aber feste Verwitterungsrinde. | IB | 1) 2) 3) | 77,57 C ₂ bei 30 tägiger Wasserlagerung | 0,76 b ₁₋₂ W ₂ = 1,65 |
| 274 | F. Rüdersdorf (Brandenburg) B. Ufermauern am alten Packhof (Kupfergraben) †) A. 96 J. | Hellgelblichgrau; etwas ockerig durchwachsen. Sehr reichliche und unregelmäßige Hohlräume. Ziemlich weiches Gestein. | In der Wasserlinie starke, unregelmäßig höhlige Abwitterung. Gestein im Innern fest. | I-II | 1) 2) 3) | 96,71 G ₁₋₂ -C W ₁ = 3,93 bei 30 tägiger Wasserlagerung | 1,24 b ₁₋₂ W ₂ = 4,14 = 5,05 |
| 275 | F. Rüdersdorf (?) (Brandenburg) B. Stirnmauer der Brücke über die Havel z. Plaue †) A. 57 J. | Hellgelblichgrau. Splittig, ziemlich hart. Gefüge kompakt. | Bisher nur unbedeutende Verwitterungsrinde. Gestein im Innern fest. | I-II | 1) 2) 3) | 96,90 C ₄ W ₁ = 3,99 bei 30 tägiger Wasserlagerung | 0,98 b ₁₋₄ W ₂ = 4,76 = 5,60 |
| 276 | F. Rüdersdorf *) Bruchmaterial. Graue Lage. Schicht Nr. 65 der Eck'schen Karte. | Gelblichgrau. Schichtung durch dunklere Streifen angedeutet. Unregelmäßige wurmförmige Hohlräume. Mittelharte, gute Lage; zu Steinhauarbeiten verwendbar. (Angabe der Berginspektion zu Rüdersdorf.) | | | 1) 2) 3) | 96,34 G ₁ -C ₈ W ₁ = 3,92 | 0,02 b ₁₋₄ W ₂ = 4,43 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 853-854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------|--------------------------------------------|
| — β ₈ W _v = 5,19 | 0,05 gm ₁₋₂ W _c = 10,16 | 0,96 g ₁₋₂ P = 20,49 | 0,49 — S ₁ = 0,40 | — π ₃ ; 1 c ₄ γ ₁ = 0,82 | — sm ₁ | — | 100,68 | — ζ _v w ₁ = c. 44 |
| G ₁ C ₄ b ₈ β ₈ π ₃ Q 1,5 + 0,8 + 0,55 = 2,85 (H-III: III) | | | | | | | | |
| — β ₈ W _v = 0,63 | 0,59 gm ₃₋₄ W _c = 1,26 | 0,76 g ₄ P = 3,68 | 0,60 e ₂ [ok] S ₁ = 0,49 | 0,56 p ₃ ; t ₁ γ ₁ = 0,84 | — s ₁ | — φ XXIII b | 100,03 | — ζ _v w ₁ = c. 59 |
| HC ₄₋₅ b ₁ β ₈ g ₄ p ₃ ko Q (0,25 + 0,7 + 0,2 + 0,35) 1,05 = 1,6 (I-II) | | | | | | | | |
| — β ₁₋₂ W _v = 1,67 | 0,10 gm ₁ W _c = 2,10 | 7,67 g ₁ | 13,4 — S ₃ = 0,78 | 0,67 [p] γ ₃ = 0,86 | — s ₄ | — | 100,17 | — ζ _v w ₃ = c. 56 |
| C ₂ b ₁₋₂ β ₁₋₂ ζ _v w ₃ ko S ₃ Q (0,62 + 0,25 + 0,27) 1,06 + 0,4 = 1,6 (I-II); r (IC) | | | | | | | | |
| Spur β ₂ W _v = 6,28 = 6,30 | Spur gm W _c = 7,12 = 7,13 | 1,05 g ₁ P = 16,19 = 16,20 | 0,38 us ₁ [ok] S ₁ = 0,58 S ₂ = 0,71 | — π ₃ ; 4 c ₄ γ ₃ = 0,81 | — | Spur φ XXII/ XXIII d V = 1,8 | 99,38 | — ζ _v w ₃ = c. 52 |
| G ₁₋₂ C ₁ b ₁₋₂ β ₂ π ₃ 4 c ₄ S ₃ V Q 0,62 + 0,45 + 0,55 + 0,8 = 2,42 (II-III); r (I-II) | | | | | | | | |
| — β ₃ W _v = 6,45 = 7,20 | 0,13 gm ₂ W _c = 9,02 = 9,05 | 1,16 g ₁ P = 20,43 = 20,44 | 0,14 — S ₁ = 0,53 S ₃ = 0,62 | 0,50 p ₁ γ ₁ = 0,92 γ ₃ = 0,83 | — φ VII c | — | 99,81 | — ζ _v w ₃ = c. 59 |
| C ₄ b ₁₋₄ β ₃ ko Q (1,6 + 0,8) 1,03 = 2,47 (II-III); r (I-II) | | | | | | | | |
| — β ₃ W _v = 5,89 | 0,34 gm W _c = 8,96 | 0,63 g ₁ P = 19,28 | 1,53 — S ₁ = 0,50 | 0,31 π ₂ ; 1 c ₃ γ ₁ = 0,90 | — s ₁₋₂ | — | 99,17 | — ζ _v w ₁ = c. 62 |
| G ₁ C ₃ b ₁₋₄ β ₂ π ₂ ζ _v w ₁ ko Q (1,6 + 0,5 + 0,42 - 0,65) 1,02 = 1,91 (II) | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 277 | F. Rüdersdorf *) Bruchmaterial. Weiße Lage. Schicht Nr. 66 der Eck'schen Karte. | Gelblichgrau. Vereinzelt Muschelhohl- räume. Schichtung angedeutet. Zellige Höh- lungen parallel der Schichtung, teils mit Kalkspat erfüllt. Mittelhart; für Steinhauerarbeiten ver- wendbar. (Angabe wie Nr. 276.) | | — | 1) 2) 3) | 98,11 G ₂ -C ₄ W ₁ = 2,81 | 0,84 b ₂ W ₂ = 3,43 |
| 278 | F. Rüdersdorf *) Bruchmaterial. Grüne Lage. Schicht Nr. 69 der Eck'schen Karte. | Gelbgrau. Schichtung durch dunkle Streifen angedeutet. Sehr weiche, beste Lage für Steinhauer- arbeiten. (Angabe wie Nr. 276.) | | — | 1) 2) 3) | 98,02 G ₂ -C ₃ W ₁ = 4,79 | 0,42 b ₂₋₃ W ₂ = 5,39 |
| 279 | F. Rüdersdorf *) Bruchmaterial. Rote Lage. Schicht Nr. 60 der Eck'schen Karte. | Gelblichgrau. Ganz ähnlich wie 278. Weich; eignet sich zu Steinhauerarbeiten. (Angabe wie Nr. 276.) | | — | 1) 2) 3) | 98,14 G ₂ -C ₃ W ₁ = 3,93 | 0,02 b ₂₋₃ W ₂ = 4,42 |
| 280 | F. Rüdersdorf *) Bruchmaterial. Untere rote schaumige Lage. Schicht Nr. 55 der Eck'schen Karte. | Rötlichgrau; stark schaumporig. Bau- und Fundamentierungsmaterial; zu Werksteinen nicht geeignet. (Angabe wie Nr. 276.) | | — | 1) 2) 3) | 96,64 G ₂ -C ₃ W ₁ = 2,80 | 1,39 b ₃₋₄ W ₂ = 3,27 |
| 281 | F. Rüdersdorf *) Bruchmaterial. Ob. schaumige, sandige Schicht. | Gelbgrau. Unregelmäßig schaumporig; abwechselnd mit homogenen grauen Lagen. Schichtung durch Muschelhohlräume ange- deutet. Stylolithen. Bau- und Fundamentierungsmaterial; zu Werksteinen nicht geeignet. (Angabe wie Nr. 276.) | | — | 1) 2) 3) | 97,39 G ₃₋₄ CD ₁₋₂ W ₁ = 2,80 | 1,03 b ₄₋₅ W ₂ = 3,24 |
| 284 | F. In der Nähe der Baustelle B. Gewölbte Brücke d. Eisen- bahn-Strecke Weißenfels-Neu- dietendorf †) A. 45 J. | Gelblichgrau; reich an Muscheln mit Kalkspat- überdeckung. Schichtung durch Steinkerne ange- deutet. Weiches, po- röses Gestein. Das Gestein zeigt bereits eine beträcht- liche Verwitterungs- rinde und zum Teil namhafte Abbröcke- lung. | | III-IV | 1) 2) 3) | 96,51 D ₁ G ₄ 0,2(D ₂) bei 30 tägig. Wasser- lagerung | 0,88 b ₃ : 4 W ₂ = 5,88 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 853—854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------|-------------------------------|
| — β ₂ W _v = 4,38 | 0,40 gm ₁ W _c = 11,43 | — g ₁ P = 21,86 | 0,85 s [cc] S ₁ = 0,30 | 0,04 π ₂ ; 1 c ₃ η ₁ = 0,91 | — s ₁ | — | 100,24 — | — ζ, w ₁ = c.61 |
| $G_2 C_3 b_2 \beta_2 \pi_2 \zeta, w_1 Q$ $1 + 0,5 + 0,4 - 0,35 = 1,55 \text{ (I—II)}$ | | | | | | | | |
| — β ₂ W _v = 8,90 | 0,37 gm ₁ W _c = 10,70 | 0,96 g ₁ P = 24,47 | 0,25 — S ₁ = 0,50 | 0,20 π ₂ ; 1 c ₃ η ₁ = 0,84 | — s ₁₋₂ | — | 100,22 — | — ζ, w ₁ = c.46 |
| $G_2 C_3 b_{2-3} \beta_2 \pi_2 Q$ $1,25 + 0,67 + 0,65 = 2,57 \text{ (II—III)}$ | | | | | | | | |
| — β ₂ W _v = 8,16 | 0,24 gm ₁ W _c = 10,76 | 0,96 g ₁ P = 22,55 | 0,25 — S ₁ = 0,41 | — π ₂ ; 1 c ₃ η ₁ = 0,85 | — s ₁ | — ψ XXIII c | 99,61 — | — ζ, w ₁ = c.49 |
| $G_2 C_3 b_{2-3} \beta_2 \pi_2 Q$ $1,25 + 0,67 + 0,65 = 2,57 \text{ (II—III)}$ | | | | | | | | |
| — β ₃ W _v = 4,77 | 0,31 gm ₁₋₂ W _c = 14,70 | 0,58 g ₃ P = 25,44 | 0,40 — S ₁ = 0,22 | 0,09 π ₃ ; 1 c ₃ η ₁ = 0,83 | — s ₁ | — ψ XXII c- XXIII c | 99,41 — | — ζ, w ₁ = c.52 |
| $G_2 C_3 b_{3-4} \beta_3 \pi_3 \zeta, w_1 Q$ $2,25 + 0,8 + 0,6 - 1,0 = 2,65 \text{ (II—III)}$ | | | | | | | | |
| 0,44 β ₃ W _v = 6,60 | — gm ₁₋₂ W _c = 10,66 | — g ₃ P = 21,80 | 1,04 — S ₁ = 0,30 | — π ₄ ; 3c ₄ ; 1t ₁ η ₁ = 0,82 | — | — ψ XXVI b | 99,90 — | — ζ, w ₁ = c.46 |
| $G_{3-4} CD_{1-2} b_{4-5} \beta_3 \pi_4 \zeta, w_1 Q$ $3,01 + 1,06 + 0,7 - 1,3 = 3,47 \text{ (III—IV)}$ | | | | | | | | |
| — β ₃ W _v = 7,67 | Spur gm ₁₋₂ W _c = 12,40 | 0,63 g ₁₋₂ P = 23,07 | 0,80 — S ₃ = 0,47 | 0,58 π ₂ ; 3c ₂ η ₃ = 0,81 | — s ₁ | — ψ XVIII (XXIII)d | 99,40 — | — ζ, w ₃ = c.31 |
| $G_4 0,8(D_1 b_3 \beta_1) 0,2(D_2 b_4 \beta_2) \pi_2 k_0 Q$ $(2,4 + 0,9 + 0,5) 1,2 = 4,56 \text{ (IV—V); r (III—IV)}$ | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 285 | F. Krappitz a. O. *) (Kr. Oppeln) B. Brücke über den Klodnitzkanal. Eisenb.-Strecke Cosel-Kandrzin A. 17 J. | Graugelb. Ziemlich hartes, homogenes Ge- stein mit plattiger bis schiefriger Struktur und splittrigem Bruch. | Im allgemeinen unbedeutende höck- rige Verwitterungs- rinde. Bei vielen Steinen aber Risse und Abbröcklungen. | III-IV z. T. IV-V | 1) 2) 3) | 98,55 $\frac{C_2}{D_1}$ bei 30 tägiger Wasser- lagerung | 0,61 $b_2; s$ $W_2=0,65$ |
| 286 | F. Stadtbez. Lenge- feld *) (Sachsen) B. Saalebrücke, Eisenb.-Strecke Weißenfels— Neudietendorf A. 45 J. | Abwechselnd grau und rostgelb geschichtet; sehr muschelreich und porös; mit Kalkspat durch- wachsen. Die grauen Lagen hart, die gelben weich. | Brücke bereits re- noviert. Das Gestein zerbröckelt, ohne eine beträchtliche Verwitterungsrinde zu bilden. | V | 1) 2) 3) | 95,82 $H_2-\frac{C_5}{D_2}$ bei 30 tägiger Wasser- lagerung | 0,50 b_{4-5} $W_2=10,8$ |
| 287 | F. Solling, zum Teil Lauenberg *) (Hannover) B. Herrenbrücke; Gemeindeweg Hullersen— Rothenkirchen bei Dassensen A. 11 J. | Sehr muschelreiche Partien unregelmäßig mit dichtem Kalkstein wech- selnd, ohne wahrneh- mbare Schichtung. Die porösen Stellen enthalten zahlreiche Crinoideen- stiele und auf den Hohl- räumen Eisenocker. | Starke, unregel- mäßige Verwitte- rungsrinde und be- trächtliche Vermin- derung der Festig- keit. | V | 1) 2) 3) | 92,86 H_2-C_5 bei 30 tägiger Wasser- lagerung | 0,82 b_1 $W_2=1,64$ |
| 288 | F. Bei Hotteln *) (Hannover) B. Luth. Kirche zu Hotteln A. 600 J. | Hellgraugelb; grob- porig. Die besseren Lagen (a) ziemlich fest; die schlechteren (b) weich und erdig. | Zum Teil noch verhältnismäßig gut erhalten; stellen- weise jedoch voll- ständig verwittert. | a) I-II b) III | Lage a) 1) 2) 3) | 96,68 G_1-C_4 $W_1=3,13$ | 0,65 b_{1-2} $W_2=3,17$ |
| 289 | F. Angeblich Nien- burg a. S. (Sachsen) B. Stadtmauer mit zwei Türmen zu Calbe a. S. †) A. 400 bis 500 J. | Grau. Schichtung durch Muschleinlagerungen angedeutet. Ziemlich weiches Gestein mit glattem Bruch. | Ziemlich bedeu- tende Verwitterung und Festigkeitsver- minderung. | I-II | 1) 2) 3) | 97,28 G_1-C_3 bei 10 tägiger Wasser- lagerung | 1,24 b_3 $W_2=1,42$ |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 853—854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|-------------|-------------|-----------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|-------------------|
| — | 0,39 | 0,67 | 0,15 | 0,83 | — | — | 101,20 | — |
| β_2 | gm_{2-3} | g_4 | — | [p] | s_4 [s ₃] | $V=1,8$ | $F_3=0,89$ | $\zeta, w_3=c.56$ |
| $W_v=0,68$ | $W_c=0,7$ | $P=2,26$ | $S_3=0,93$ $S_r=0,81$ | $\gamma_8=0,86$ | $C_2 b_2 \beta_2$ $D_1 b_3 \beta_2$ g_4 $[0,5(1+0,5)+0,5(2+0,5)+0,15]$ ko $S_3 V$ Q $1,35+2,1=5,0$ (V); r (IV) | | | |
| 0,48 | — | 1,00 | 0,45 | 1,19 | — | — | 99,44 | — |
| β_3 | gm_{1-4} | g_4 | s_1 [t; ok] e_2 [cc] | p_{2-3} | s_3 | $\varphi XXXIII d$ $V=1,7$ | $F_3=0,96$ | $\zeta, w_3=c.35$ |
| $W_v=13,06$ | $W_c=13,34$ | $P=26,58$ | $S_3=0,81$ | $\gamma_8=0,7$ | $C_5 b_{4-5} \beta_3$ $D_2 b_{4-5} \beta_3$ p_{2-3} $[0,5(1,75+0,95)+0,5(3,5+1,15)+0,47]$ ko $S_3 V$ Q $1,3+0,7=6,1$ (VI); r (V) | | | |
| — | 0,36 | 1,62 | 3,34 | 0,35 | — | — | 99,35 | — |
| β_4 | gm_{1-4} | g_4 | e [ok] | $p_2; 4$ | — | φI | — | $\zeta, w_3=c.53$ |
| $W_v=1,78$ | $W_c=1,89$ | $P=5,21$ | $S_3=0,87$ | $\gamma_8=0,77$ | $C_5 b_1 \beta_4$ g_4 p_4 ko S_4 Q $(0,62+0,9+0,2+0,35)1,4+2,65=5,55$ (V-VI); r (IV-V) | | | |
| 0,40 | — | 0,03 | 1,56 | 0,28 | — | — | 99,60 | — |
| β_1 | gm_{1-5} | g_4 | a_2 [cc] | $\pi_1; 1c_1; 4t_{1-3}$ | — | $\varphi XXVIII c$ | — | $\zeta, w_1=c.49$ |
| $W_v=4,60$ | $W_c=5,57$ | $P=13,12$ | $S_1=0,57$ | $\gamma_1=0,91$ | $G_1 C_4 b_{1-2} \beta_1$ g_4 $\pi_1 4t_{1-3}$ ζ, w_1 ko Q $(0,62+0+0,2+0,55+0,1)1,1=1,62$ (I-II) | | | |
| 0,30 | — | — | 1,06 | 0,65 | Spur | — | 100,53 | — |
| β_2 | gm_{1-4} | g_4 | — | $\pi_1; 4c_4$ | s_1 | $\varphi IX b$ | — | $\zeta, w_2=c.54$ |
| $W_v=1,44$ | $W_c=2,10$ | $P=5,59$ | $S_2=0,69$ | $\gamma_2=0,78$ | $C_3 b_3$ β_2 g_4 ζ, w_2 S_2 Q $1,5+0,55+0,1-0,2+0,1=2,05$ (II); r (I-II) | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----|
| 290 | F. Nähe der Bahnstrecke B. Unterführung auf der Eisenbahn-Strecke Weißenfels — Neudietendorf †) A. 45 J. | Gelbgran, fleckig. Sehr unregelmäßig strukturiert; teils dicht mit splittrigem Bruch, teils mikrokristallin oder grobkristallin. Unregelmäßig höckerige Bruchfläche. Ziemlich hartes Gestein. | Bereits ziemlich beträchtliche und sehr weiche Verwitterungsrinde. | II-III | 1) 83,51 2) C ₄ 3) bei 10 tägiger Wasserlagerung | 10,43 b ₃₋₅ W ₂ =0,66 | |
| 291 | F. Bürvenich *) (Kr. Düren) B. Wegeunterführung der Eisenbahn-Strecke Vettweiß—Dürscheven A. 29 J. | Graugelb. Das ziemlich harte, dichte Gestein ist von kleinen, gelben oolithischen Körnern erfüllt und zeigt überdies reichliche Kalkspatadern. | Bereits beträchtliche Verwitterung. Die oolithischen Körner zerfallen zu einer ockerigen Masse. | III-IV | 1) 48,85 2) F ₆ C ₁ 3) bei 10 tägiger Wasserlagerung | 33,35 b ₂₋₄ W ₂ =3,42 | |
| 292 | F. Königslutter u. Schöningen (Elmgebirge) B. Wegeunterführung; Eisenbahn-Strecke Braunschweig—Helmstedt †) A. 22 J. | Mikrokristallines, stark poröses Gestein mit reichlichen Muschelresten. | Einige Steine an der Wetterseite bereits ausgewittert. | z. T. II-III | 1) 95,09 2) G ₂ C ₁ / D ₁ 3) bei 10 tägiger Wasserlagerung | 0,69 b ₁₋₃ ; 3 W ₂ =10,49 | |

Nr. 294 bis 296: Kalksteine

| | | | | | | | |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|
| 294 | F. Schwarzer Kalkstein von Perthois *) (Frankreich) B. Kölner Dom. A. 30 J. | Schwarz. Enthält sehr reichlich kohlige Einlagerungen. Beim Zerschlagen deutlich abschiefernd. | Graue, starke und weiche Verwitterungsrinde. Frostspalten parallel der Schieferungsfläche. | VI | 1) 88,25 2) B ₁₁ C ₃ / D ₁ 3) W ₁ =0,91 | 2,21 b ₃ W ₂ =1,18 | |
| 295 | F. Sülfeld u. Velpke (Braunschweig) B. Torgebäude der Domäne zu Gifhorn †) A. 300 J. | Gelblichweiß. Fast gänzlich aus kleinen Muschelresten bestehend. Ziemlich hart. Schichtung nur durch abwechselnd feinporige und mittelporige Lagen angedeutet. | Sehr unbedeutende Verwitterungsrinde, im Innern vollkommen fest. | IC | 1) 97,64 2) H ₁ C ₁ 3) W ₁ =5,76 | 1,51 b ₁ W ₂ =6,00 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 853—854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------------|------------------------------------------|
| — β ₂ W _v = 0,93 | 1,90 gm ₁₋₅ W _c = 1,02 | 3,45 g ₃ P = 3,07 | 0,68 — S ₂ = 0,65 | 0,12 [p] η ₂ = 0,89 | Spur — | Spur φ IIIa/VIa | 100,09 — | — ζ _r w ₂ =c.57 |
| $C_4 b_{3-5} \beta_2 Q$ $2,75 + 0,62 = 3,37 \text{ (III : III-IV);}$ $r \text{ (II-III : III)}$ | | | | | | | | |
| 2,84 β ₃ W _v = 3,50 | — gm ₂₋₄ W _c = 4,17 | 14,43 g ₂₋₃ P = 11,01 | a ₃ [cc] e ₂ [t; q] S ₂ = 0,82 | 0,90 p ₁ η ₂ = 0,75 | — — | — — | 100,37 F ₂ = 0,91 | — ζ _r w ₂ =c.52 |
| $F_6 C_1 b_{2-4} \beta_3 \zeta_r w_2 S_2 Q$ $2 + 0,82 - 0,5 + 1,45 = 3,77$ $\text{(III-IV : IV); } r \text{ (III : III-IV)}$ | | | | | | | | |
| — β ₂ W _v = 11,02 | 0,48 gm ₁₋₃ W _c = 12,80 | 0,53 g ₄ P = 25,70 | 2,10 e ₁ [q] S ₂ = 0,82 | 0,43 π ₃ ; 2c ₂ η ₂ = 0,87 | — s ₃ | — φ XVII d | 99,32 — | — ζ _r w ₂ =c.59 |
| $G_2 C_1 b_{1-3} \beta_2 D_1 b_3 \beta_2 g_4 \pi_3$ $[0,5(0,87 + 0,47) + 0,5(2 + 0,5) + 0,1 + 0,5]$ $\zeta_r w_2 \text{ ko } S_2 r_2 Q$ $- 0,7] 1,2 + 0,85 = 3,03 \text{ (III); } r \text{ (II-III)}$ | | | | | | | | |

der Jura-Formation

| | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|
| — β ₃ W _v = 1,22 | 0,31 gm ₃₋₄ W _c = 1,26 | 0,81 g ₄ P = 4,96 | 3,72 e ₃ [ko] S ₁ = 0,93 | 2,33 [p] η ₁ = 0,78 | CaO=1,33 MgO=0,04 gebunden s ₃ | an SiO ₂ 99,00 F ₁ = 0,72 | — — | — ζ _r w ₁ =c.38 |
| $B_{11} C_3 b_3 \beta_3 D_1 b_3 \beta_3 g_4 p_{1-2}$ $[0,5(1,5 + 0,8) + 0,5(2 + 1,0) + 0,1 + 0,3]$ $\text{ko } S_1 \eta Q$ $1,9 + 1,3 = 7,1 \text{ (VII)}$ | | | | | | | | |
| — β ₁₋₂ W _v = 7,18 | 0,43 gm W _c = 8,22 | 0,76 g ₁ P = 18,18 | 0,23 — S ₁ = 0,73 | 0,09 p ₁₋₂ η ₁ = 0,93 | — s ₂ | — — | 100,66 — | — ζ _r w ₁ =c.68 |
| $H_1 C_1 b_1 \beta_{1-2} p_{1-2} \zeta_r w_1 Q$ $0,25 + 0,2 + 0,2 + 0,15 = 0,8 \text{ (I C)}$ | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 296 | F. Gr. Dungen B. Kirche in Detfurth A. 116 J. | Mikrokristallin mit untergeordneten, größeren Kalkspatkörnern und spärlichen, unregelmäßig gestalteten Oolithen. | Im allgemeinen gut erhalten; stellenweise jedoch nicht unbedeutende Verwitterungsrinde. | II z. T. II-III | 1) 2) 3) | 96,59 E ₃ -C ₂ W ₁ = 0,32 | 1,64 b ₁ W ₂ = 0,45 |

Nr. 297 bis 302: Kalksteine

| | | | | | | | |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 297 | F. Anröchte (Westfalen) B. Pfarrkirche, Gemeinde Liesborn (Kr. Lippstadt) A. 550 J. | Graugrün, infolge reichlicher Einlagerung von Glaukonitkörnchen. Das harte, sehr kompakte Gestein läßt beim Anschlag schichtige Ablösungen erkennen. | Unbedeutende feste Verwitterungsrinde. Einzelne Steine zeigen schichtige Ablösungen. | IC z. T. I | 1) 2) 3) | 49,70 M ₃ -C ₁ W ₁ = 1,07 | 1,00 b ₂ W ₂ = 1,26 |
| 298 | F. Bahn u. forstfiskal. Brüche in der Nähe von Altenbeken *) B. Der groß. Tunnel bei Altenbeken, Eisenb.-Strecke Altenbeken—Holzminden. A. 30 J. | Ockergelb. Kristalline Partien sind mit solchen von dichtem Gefüge unregelmäßig verwachsen; zum Teil ockerige Einlagerungen. Härte sehr ungleichmäßig. Stellenweise reichlich FeCO ₃ . | Einzelne Steine sind bereits mürbe und rissig. | V | 1) 2) 3) | 86,19 Ht-C ₃ bei 10 tägiger Wasserlagerung | 9,87 b ₁ W ₂ = 3,06 |
| 300 | F. Nähe des Bauwerks *) B. Burgtor-Turm zu Stromberg (Westfalen) A. 500 bis 600 J. | Grau. Das Gestein ist homogen und spaltet nach der angedeuteten Schichtung. | Das Gestein zeigt eine unregelmäßig ausgeprägte, aber feste, nicht sehr beträchtliche Verwitterungsrinde. | IB-C | 1) 2) 3) | 90,64 E ₃ -C ₁ W ₁ = 0,33 | 0,88 b ₁ W ₂ = 0,54 |
| 301 | F. Anröchter Steinbrüche, 12 km von Lippstadt *) B. Brücken der Eisenb.-Strecke Soest—Altenbeken A. 42 J. | Dunkelgraugrün. Glaukonit-Kalkstein. Kompaktes, ziemlich hartes Gestein ohne deutliche Schichtung. | Einige Steine zeigen Abblätterungen. Im allgemeinen nur unbedeutende, feste Verwitterungsrinde. | III z. T. I-II | 1) 2) 3) | 52,60 M ₁₋₂ -C ₄ bei 10 tägiger Wasserlagerung | 0,66 b ₂₋₃ W ₂ = 2,40 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf Seite 853—854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|-----------------------|-----------------------|----------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------|--------------------------------------|
| — | 0,22 | 1,50 | 0,56 | 0,14 | — | — | 100,65 | — |
| β ₁ | gm ₂₋₄ | g ₄ | a ₂ [cc] | p ₁₋₂ | — | φ I | — | ζ _r w ₁ = c.75 |
| W _v = 0,45 | W _c = 0,56 | P = 1,50 | S ₁ = 0,804 | η ₁ = 0,82 | E ₃ C ₂ b ₁ β ₁ g ₄ p ₁₋₂ S ₁ Q 0,25 + 0 + 0,2 + 0,2 + 1,5 = 2,15 (II: II-III) | | | |

der Kreide-Formation

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------|--------------------------------------|
| — | 5,42 | 7,13 | 36,68 | 0,43 | — | — | 100,45 | — |
| β ₁ | gm ₂ | g ₁ | s ₂ [gk e ₃ [q] | p ₁₋₂ | s ₂ [s ₂] | — | — | ζ _r w ₁ = c.79 |
| W _v = 1,78 | W _c = 2,37 | P = 6,41 | S ₁ = 0,53 | η ₁ = 0,93 | M ₃ C ₁ b ₁ β ₁ p ₁₋₂ ko s ₂ gk Q (0,25 + 0,2) 1,18 + 0,2 = 0,73 (IC) | | | |
| 2,38 | — | 1,89 | — | — | — | — | 100,33 | — |
| β ₃ | gm ₁₋₃ | g ₄ | e ₃ [es; ok] | [p] | — | — | F ₂ = 0,91 | ζ _r w ₂ = c.49 |
| W _v = 3,30 | W _c = 3,32 | P = 8,22 | S ₂ = 0,92 | η ₂ = 0,86 | HC ₃ b ₁ β ₃ g ₄ ζ _r w ₂ S ₂ Q 0,25 + 0,7 + 0,2 + 0,18 + 4,0 = 5,33 (V: V-VI) | | | |
| 1,70 | — | 1,97 | 4,37 | 0,11 | — | — | 99,67 | — |
| β ₂ | gm ₁ | g ₁ | e ₁ [q] | [p] | s ₁ [s ₂] | — | — | ζ _r w ₁ = c.76 |
| W _v = 0,62 | W _c = 0,87 | P = 2,26 | S ₁ = 0,621 | η ₁ = 0,97 | E ₃ C ₁ b ₁ β ₂ Q 0,25 + 0,4 = 0,65 (IB-C) | | | |
| 4,80 | — | 14,57 | 26,42 | 1,09 | Spur | — | 100,14 | — |
| β ₂ | gm ₁ | g ₁ | e ₃ [q; t] | p ₁₋₂ | s _{1; 3} | — | F ₃ = 0,83 | ζ _r w ₃ = c.72 |
| W _v = 2,70 | W _c = 2,79 | P = 7,03 | S ₃ = 0,86 | η ₃ = 0,91 | M ₁₋₂ C ₄ b ₂₋₃ β ₂ p ₁₋₂ ζ _r w ₃ ko (1,25 + 0,52 + 0,27 - 0,7) 1,4 gk ₂ S ₃ Q + 0,5 + 1,7 = 4,08 (IV); r (III) | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------|----------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 302 | F. Zwisch. Beckum und Ennigerloh B. Wegeüberführung d. Eisenb.-Strecke Löhne-Hamm A. 45 J. | Gran. Kompaktes, mikro-oolithisches Gestein. Schiefert unregelmäßig beim Zerschlagen. | Unbedeutende Verwitterungsrinde, aber beträchtliche Zerstörung durch Frost. | IV-V | 1) 2) 3) | 89,05 E ₁ C ₁ bei 10 tägiger Wasserlagerung | 0,29 b ₁ W ₂ =2,30 |

Nr. 303 bis 304: Kalktuffe

| | | | | | | | |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 303 | F. Beim Dorfe Laer auf dem Felde unter der Ackerkrume (Hannover) B. Kirchturm zu Laer A. ca. 500 J. | Grangelb. Hartes Gestein. | Unbedeutende, feste Verwitterungsrinde. Das Gestein zeigt auch im Innern nur geringe Festigkeitsverminderung. | IC I | 1) 2) 3) | 98,37 Q ₁ C ₂ 0,1(D ₁) W ₁ = 7,65 | Spur b ₁ ; b ₃ W ₂ = 9,02 |
| 304 | F. Roßdorf (Hess.-Darmstadt) B. Brücken der Eisenb.-Strecke Frankfurt-Göttingen A. 28 J. | Hellgelb. Ziemlich hartes Gestein mit ebenflächigem Bruch. | Einzelne Steine sind bereits beträchtlich verwittert. | IV | 1) 2) 3) | 98,33 Q ₂ -D ₂ bei 30 tägiger Wasserlagerung | 0,12 b ₄ W ₂ = 15,95 |

Nachtrag zu Abs. 651 S. 569. Daß die Verwitterung derjenigen Kalkallmählichen Lockerung der Kornbindung durch die auflösende Wirkung des ein- daß dichte, mikrokristalline Kalksteine, welche in frischem Zustande keine Spur Bauwerke entnommen, auch wenn keine Rißbildungen zu erkennen sind, eine mehr stellung der Prüfungsergebnisse liefert hierfür zahlreiche Beispiele, und man darf für die Wetterbeständigkeit der Kalksteine von grundlegender Bedeutung sind (s. auch

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 853-854.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. |
|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------|-------------------------------------------|
| 1,12 β ₂ | — gm ₁ | 1,41 g ₁ | 6,38 e ₁₋₂ [q] | 0,47 [p] | — [s ₁] | — φ I | 98,72 F ₂ = 0,87 | — ζ ₁ w ₂ = c.76 |
| W _v = 2,40 | W _c = 2,46 | P = 6,17 | S ₂ = 0,94 | γ ₂ = 0,94 | E ₁ C ₁ b ₁ β ₂ ko S ₂ Q (0,25+0,4)1,2+4,25=5,03 (V); r (IV-V) | | | |

der Quartär-Formation

| | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------|-------------------------------------------|
| 0,32 β ₁ | — gm ₁ | 0,18 g ₁ | 0,02 — | 0,51 P ₅ | FeS ₂ =0,41 — | — φ XXII d V = 1,3 | 99,61 — | — ζ ₁ w ₁ = c.81 |
| W _v = 12,47 | W _c = 12,95 | P = 25,55 | S ₁ = 0,70 | γ ₁ = 0,92 | Q ₁ C ₂ b ₁ β ₁ D ₁ b ₂ β ₃ P ₅ [0,9 (0,25 + 0) + 0,1 (1,5 + 0) + 0,45] ko ks Q 1,2 · 1,04 = 1,03 (I) | | | |
| — β ₃₋₄ | 0,09 gm ₁₋₂ | 0,34 g ₃ | — — | 1,52 P ₅ | — — | — — | 100,11 — | — ζ ₁ w ₃ = c.43 |
| W _v = 21,64 | W _c = 21,63 | — | S ₃ = 0,73 | γ ₃ = 0,81 | Q ₂ D ₂ b ₄ β ₃₋₄ P ₅ ζ ₁ w ₃ ko Q (3 + 1,9 + 0,6 - 2) 1,4 = 4,9 (V); r (IV) | | | |

steine, welche nicht durch Frostwirkung zerstört werden, im wesentlichen auf der dringenden, kohlen säurehaltigen Wassers beruht, dafür ist als Beweis anzuführen, einer Eindringung von Farblösung aufweisen, in Proben von der Oberfläche älterer oder weniger starke Durchfärbung erfahren. Die vorstehende tabellarische Zusammen- daraus den Schluß ziehen, daß die Art und der Stetigkeitsgrad der Kornbindung die mikrophotographische Abbildung eines verwitterten Marmors Fig. 272 S. 551).

XXI.
Dachschiefer-

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|---------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----|
| Nummer des Gesteins | F. Fundort des Schiefers | Petrographische Beschaffenheit des Schiefers | Verwitterungserscheinung des Schiefers an d. Bedachung des Kol. 2 unter B genannten Bauwerks | Beständigkeitsklasse des Schiefers nach Beobachtung an dem Kol. 2 B genannten Bauwerk | 1) Chem. Analyse d. in HCl löslichen Bestandteile | CO ₂ ¹⁾ | CaO |
| | 2) Mikrostruktur, akzessor. Gemengteile, Flächenabsaugung | | | | Kontinuitätsgrad der Glimmerlagen | Verbindung der Glimmerlagen z ₁₋₄ | |
| | 3) Wasseraufnahme, Härte, Erweichungs- und Sättigungskoeffizient | | | | W ₁ Bei schnellem Ein-tauchen | W ₂ Bei langsamem Ein-tauchen | |

Nr. 306 bis 377: Devon -

| | | | | | | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 306 | F. Nordenau (Westfalen) B. Pfarrkirche der evangelisch. Gemeinde z. Ophredicke b. Unna †) A. ca. 630 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach wellig; ziemlich dick-schiefrig; sehr hart. Anm.: Das gegenwärtig gefördert Material ist erheblich dünnschiefriger. | Die alten, dick-plattigen Schiefer noch erhalten, wenn auch weich, brüchig und in kleineren Lamellen abblättern. | IA | 1) 11,81 (10,61) 2) Cd ₄ z ₃ 3) W ₁ =1,19 W ₂ =1,29 | | |
| 308 | F. Thomm b. Trier B. Südwestlicher Domturm zu Trier †) A. ca. 310 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche wellig; ziemlich dünnschiefrig; sehr hart. | Material vorzügl. erhalten. Die Platten sind im allgemeinen noch ziemlich hart; nur teilw. ist die ursprüngl. blaue Farbe in grau übergegangen, womit Verminderung der Härte und Spuren von Abblättern verbunden sind. | IA | 1) 1,63 (0,55) 2) Cd ₅ z ₃ 3) W ₁ =1,01 W ₂ =1,02 | | |
| 309 | F. Goslar B. Turm der evang. Kirche zu Pilsum †) (Reg.-Bez. Aurich) A. 250 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; sehr dünnschiefrig; hart. Anm.: Auf einigen gut erhaltenen Schiefen sind Jahreszahlen aus der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts eingeschnitten. | Material schon ziemlich weich; meist in der Farbe gebleicht und blättrig. | I | 1) 1,39 (0,75) 2) Cd-D z ₃ 3) W ₁ =0,4 W ₂ =0,5 | | |

Zeichen-Erklärung zu Kol. 2: Die Untersuchungsergebnisse in Rubr. 6 bis 18 beziehen sich Daches an dem genannten Gebäude; ††) auf das Baumaterial von

1) Die eingeklammerten Zahlen entsprechen dem auf CaCO₃ berechneten Gehalt an CO₂.

Teil.
Untersuchungen.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| MgO | Al ₂ O ₃ | FeO | SiO ₂ | Durch kochende konz. HCl nicht zersetzbar | Glühverlust exkl. CO ₂ und S. | S in FeS ₂ | Gesamtsumme | — | — |
| Anbildung d. Glimmers gc, ga, gm, gk | Stärke (d) der Glimmerlagen in mm | Anzahl (a) der Glimmerlagen auf 1 mm Querschn. | Produkt aus a · d | Kalkspat cc ₁₋₅ | Magnet-eisen m ₁₋₄ | Kohlige Substanz ko ₁₋₄ | Quarz q ₁₋₅ | Eisenkies-gehalt in größerer Durch-schnitts-probe ks | Wasser-aufsaugung der Schieferungsfläche Wα |
| W _v Im Vakuum | W _c Bei 150 Atm. Druck | P Porositätskoeffizient in Vol.-% | Härte h _t | η ₁₋₃ Erwei-chungskoeffizient | S Sätti-gungskoeffizient | Wetterbeständigkeitsklasse des Schiefers nach Maßgabe der Bewertungs-Schemata S. 632 bis 639 (Q: Qualitätsziffer) | | | |

Formation

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------|-----------|
| 6,03 | 1,76 | 2,91 | 3,73 | 55,60 | 4,61 | 0,22 | 100,18 | — | — |
| gc ₁₋₃ -a ₁ | d = 0,005 | a = 47 | a · d = 0,235 | cc ₄ | — | — | q ₁ | ks = 0,95 | Wα = 0,26 |
| W _v = 1,77 | W _c = 1,77 | P = 4,93 | h _t = 18,7 | η = 0,85 | S = 0,69 | Cd z ₃ gc ₁₋₃ ad h _t η Wα η S Q (0,5 + 0) 1,003 + 0 = 0,5 (IA) | | | |
| 1,53 | 4,55 | 5,53 | 3,89 | 78,79 | 3,88 | 0,08 | 100,57 | — | — |
| gc ₁ | d = 0,008 | a = 64 | a · d = 0,512 | cc ₁ | — | — | q ₅ | ks = 0,15 | Wα = 0,39 |
| W _v = 1,44 | W _c = 1,45 | P = 4,17 | h _t = 19,4 | η = 0,82 | S = 0,7 | Cd z ₃ gc ₁ ad h _t η Wα η S Q (0,5 + 0) 1,006 + 0 = 0,5 (IA) | | | |
| 1,94 | 4,21 | 6,16 | 5,89 | 76,22 | 3,66 | 0,03 | 100,45 | — | — |
| gc ₁ | d = 0,004 | a = 42 | a · d = 0,168 | — | — | — | q ₁₋₂ | ks = 0,72 | Wα = 0,57 |
| W _v = 0,64 | W _c = 0,78 | P = 2,31 | h _t = 13,1 | η = 0,75 | S = 0,64 | Cd-D z ₃ gc ₁ h _t η Wα η S (0,5 · 0,88 + 0,5 · 2,25 - 0,45) 1,03 + 0 Q = 1,14 (I) | | | |

*) auf frisches Bruchmaterial; †) auf das Material von den am besten erhaltenen Stellen des den am meisten verwitterten Stellen des betreffenden Daches.

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 310 | F. Sauerland(Westf.) B. Ev. Kirche zu Schildesche † bei Bielefeld A. 500 bis 600 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche ziemlich ebenförmig; ziemlich dünn-schiefrig; hart. | Verhältnismäßig geringe äußere Verwitterung mit beginnender Abblätterung; das Material ist jedoch bereits sehr weich. | IA | 1) 2) 3) | 6,11 (5,78) Cd ₄ W ₁ = 0,64 | 7,37 z ₂ W ₂ = 0,69 |
| 311 | F. Goslar B. Marktkirche zu Einbeck A. 400 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach wellig; sehr dünn-schiefrig; ziemlich hart. | Platten sehr weich mit Spuren von Aufblätterung; sonst aber noch gut erhalten. | I | 1) 2) 3) | 4,30 (4,04) Cd ₄ -D ₂ W ₁ = 0,42 | 5,14 z ₂₋₃ W ₂ = 0,5 |
| 312 | F. Goslar B. Kath. Kirche zu Lamspringe † (Reg.-Bez. Hil-desheim) A. 202 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche körnig; dünn-schiefrig; ziemlich hart. | Geringe äußere Verwitterung mit mäßiger Abblätterung; Platten jedoch bereits ziemlich weich. | I-II | 1) 2) 3) | 4,71 (3,47) Cd-D W ₁ = 0,38 | 4,42 z ₂₋₃ W ₂ = 0,50 |
| 313 | F. Rheinland B. Wohnhaus zu Schwelm † (Reg.-Bez. Arns-berg) A. 186 J. | Graublau; Schieferungsfläche eben; sehr dünn-schiefrig; ziemlich hart. | Material teils gut erhalten, teils sehr weich mit beginnender Aufblätterung. | II | 1) 2) 3) | 3,32 (2,85) Cd-D W ₁ = 1,20 | 3,63 z ₂ W ₂ = 1,32 |
| 314 | F. Clotten a. d. Mosel *) B. St. Andreas-kirche zu Köln A. ca. 200-300 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach wellig; ziemlich dünn-schiefrig; eisenkieshaltig; ziemlich hart. | Das Material ist sehr weich und blättrig, auch oberflächlich gebleicht. | I-II | 1) 2) 3) | 1,68 (0,86) C ₄₋₅ W ₁ = 0,40 | 1,10 z ₂ W ₂ = 0,46 |
| 315 | F. Rheinisches Schiefergebirge bei Bonn † B. Rathaus der Stadt Bonn A. ca. 130 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach wellig; ziemlich dünn-schiefrig; eisenkieshaltig; ziemlich hart. | Das Material ist im allgemeinen noch ziemlich gut erhalten, zum Teil jedoch auf-geblättert. | I-II z. T. | 1) 2) 3) | 1,40 (0,70) C ₂₋₃ W ₁ = 4,62 | 0,89 z ₂₋₃ W ₂ = 4,89 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 881-882.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| 1,50 gc ₁₋₍₃₎ W _v = 1,32 | 6,95 d = 0,005 W _c = 1,41 | 4,29 a = 36 P = 4,13 | 12,04 a·d = 0,18 h _t = 15,4 | 57,26 — η = 1,0 | 4,57 — S = 0,69 | 0,13 — — | 100,22 q ₄ | — ks = 0,51 | — W _α = 0,23 |
| $\frac{Cd z_2}{gc_{1-(3)} ad} h_t \eta \quad W \alpha \eta \quad S \quad Q$ $1,5 - 0,7 + 0 + 0 = 0,8 \text{ (I-B)}$ | | | | | | | | | |
| 3,00 gc ₁₋₍₃₎ W _v = 0,67 | 5,09 d = 0,005 W _c = 0,79 | 2,89 a = 36 P = 2,32 | 3,82 a·d = 0,18 h _t = 12,8 | 71,73 — η = 0,7 | 4,14 — S = 0,63 | 0,43 — — | 100,86 q ₁₋₂ | — ks = 0,80 | — W _α = 0,6 |
| $Cd-D z_{2-3} \quad gc_{1-(3)} \quad ad \quad h_t \eta \quad W \alpha \eta$ $(0,5 \cdot 1,0 + 0,5 \cdot 2,3 - 0,4) \quad 1,03$ $S \quad Q$ $+ 0 = 1,29 \text{ (I: I-II)}$ | | | | | | | | | |
| 3,24 gc ₂ W _v = 0,66 | 3,88 d = 0,004 W _c = 0,76 | 4,82 a = 28 P = 2,34 | 5,90 a·d = 0,112 h _t = 10,2 | 67,84 — η = 0,78 | 4,28 — S = 0,66 | 0,23 — — | 99,32 q ₁₋₂ | — ks = 0,53 | — W _α = 0,62 |
| $Cd-D z_{2-3} \quad gc_2 \quad ad \quad h_t \eta$ $(0,5 \cdot 2,25 + 0,5 \cdot 3,25 - 1,0)$ $W \alpha \eta \quad Q$ $1,025 = 1,79 \text{ (I-II: II)}$ | | | | | | | | | |
| 2,07 gc ₁₋₂ W _v = 1,86 | 5,74 d = 0,003 W _c = 1,91 | 5,39 a = 106 P = 5,01 | 8,52 a·d = 0,318 h _t = 13 | 68,13 — η = 0,5 | 2,97 — S = 0,69 | 0,35 — — | 100,12 q ₃ | — ks = 0,54 | — W _α = 0,44 |
| $Cd-D z_2 \quad gc_{1-2} \quad ad \quad h_t \eta$ $(0,5 \cdot 1,2 + 0,5 \cdot 2,3 + 0,3)$ $W \alpha \eta \quad Q$ $1,04 = 2,13 \text{ (II)}$ | | | | | | | | | |
| 1,62 gc ₁₋₍₃₎ W _v = 0,62 | 4,07 d = 0,004 W _c = 0,62 | 4,76 a = 87 P = 2,39 | 5,95 a·d = 0,348 h _t = 12 | 77,12 — η = 0,7 | 3,88 — S = 0,74 | 0,28 — — | 100,46 q ₄ | — ks = 0,53 | — W _α = 0,94 |
| $C z_3 ad h_t \eta \quad W \alpha \eta \quad S \eta \quad Q$ $\frac{C z_3}{g_{1-3}} ad h_t \eta \quad W \alpha \eta \quad S \eta \quad Q$ $(0,5 + 0,3) 1,07 + 0,95 = 1,81 \text{ (I-II: II)}$ | | | | | | | | | |
| 2,58 gc _{1-gm₁} W _v = 6,2 | 4,63 d = 0,002 W _c = 6,80 | 5,54 a = 52 P = 15,8 | 6,24 a·d = 0,104 h _t = 10 | 74,26 — η = 0,78 | 4,55 — S = 0,72 | 0,24 — — | 100,23 q ₄ | — ks = 0,44 | — W _α = 1,01 |
| $C z_2 ad h_t \eta \quad W \alpha \eta \quad S \eta \quad Q$ $\frac{C z_2}{g_{1-gm_1}} ad h_t \eta \quad W \alpha \eta \quad S \eta \quad Q$ $(0,85 + 0,2) 1,07 + 0,45 = 1,57 \text{ (I-II)}$ | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----|
| 316 | F. Rhein. Schiefergebirge b. Bonn *) Frisches Bruchmaterial | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach wellig; ziemlich dünnschiefrig; ziemlich hart. | s. Nr. 315. | I-II | 1) 1,24 (0,66) 2) C ₂₋₃ 3) W ₁ = 3,43 | 0,84 z ₂₋₃ W ₂ = 3,58 | |
| 317 | F. Wahrscheinlich Harz *) B. Dom zu Stendal A. ca. 230 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche eben; ziemlich dickschiefrig mit deutlicher transversaler Schieferung; sehr hart. | Die dicken Platten sind trotz der transversalen Schieferung noch ziemlich gut erhalten; Härteverminderung gering. | IB | 1) 6,15 (3,43) 2) Cd ₂ 3) W ₁ = 0,41 | 4,36 z ₃ W ₂ = 0,41 | |
| 318 | F. Rheinisches Schiefergebirge bei Bonn B. Adelhaidis-Kapellez. Pütschen ††) A. 130 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach wellig; ziemlich dünnschiefrig; ziemlich hart. | Das Material ist äußerlich noch ziemlich gut erhalten, zeigt jedoch bereits Spuren von Aufblätterung und hat beträchtlich an Härte verloren. | II z. T. II-III | 1) — 2) C ₂₋₃ 3) W ₁ = 3,36 | — z ₃ W ₂ = 3,36 | |
| 319 | F. Nuttlar (Sauerland) B. Türme des Schlosses Corvey b. Höxter †) A. ca. 250 J. | Schwarz; Schieferungsfläche eben; sehr dünnschiefrig; hart. | Die Mehrzahl der Platten zeigt merkl. Erweichung u. zieml. beträchtliche Aufblätterung, obgleich anzunehmen ist, daß die schlechten Platten im Laufe der Zeit ausgewechselt worden sind. | I-II? II? | 1) 4,41 (4,06) 2) D ₂ 3) W ₁ = 0,9 | 5,17 z ₁ W ₂ = 0,95 | |
| 320 | F. Siegen (Westf.) B. Unteres Schloß in Siegen †) A. 100 bis 150 J. | Grauschwarz; auf den Schieferungsflächen Knötchen von Eisenkies; ziemlich dickschiefrig; ziemlich hart. | Das Dach wurde 1893 erneuert. Eine große Zahl von Platten war jedoch noch gut erhalten; andere dagegen sehr weich und stark abblättern. | I-II z. T. II | 1) 0,93 (0,43) 2) Cd ₂ -D ₂ 3) W ₁ = 0,80 | 0,55 z ₃ W ₂ = 1,02 | |
| 321 | F. Sauerland (Westfalen) B. Königl. Schloß zu Münster †) A. 125 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche eben; sehr dünnschiefrig; hart. | Material zum Teil noch ziemlich gut, zum Teil aber stark verwittert und aufgeblättert. | I-II z. T. II | 1) 4,49 (4,28) 2) Cd ₂₋₃ 3) W ₁ = 0,84 | 5,45 z ₃ W ₂ = 0,84 | |
| 322 | F. Thüringen B. Dom zu Fulda ††) A. 180 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach geriefelt; ziemlich dünnschiefrig; ziemlich hart. | Der dickplattige Schiefer an der Südseite hat sich zum Teil gut erhalten; die Nordseite wurde jedoch bereits vor 20 Jahren größtenteils erneuert. | II-III | 1) 0,05 2) D ₄₋₅ 3) W ₁ = 1,87 | — z ₂ W ₂ = 1,89 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 881-882.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------|-----------------|
| 1,39 gc ₃₋₅ W _v = 5,19 | 7,07 d = 0,002 W _c = 5,40 | 5,32 a = 49 P = 13,04 | 8,45 a · d = 0,098 h _t = 11 | 70,56 cc ₁ η = 0,8 | 4,42 — S = 0,66 | 0,27 — Cz ₂₋₃ gc ₃₋₅ (0,87 + 0,2) | 100,09 q ₄ 1,075 | — ks = 0,51 | — Wα = 1,06 |
| 0,66 gc ₃₋₅ W _v = 0,54 | 6,57 d = 0,0017 W _c = 0,65 | 4,98 a = 38 P = 2,07 | 7,86 a · d = 0,065 h _t = 18 | 65,55 cc ₃ η = 0,9 | 3,71 — S = 0,63 | 0,69 — Cd z ₃ gc ₃₋₅ (1,3 - 0,7) | 100,63 q ₄ 1,007 + 0,13 | — ks = 1,30 | — Wα = 0,46 |
| 1,27 gc ₃ -gk ₁ W _v = 3,49 | 6,49 d = 0,0017 W _c = 3,54 | 6,76 a = 72 P = 8,97 | 6,88 a · d = 0,1224 h _t = 11 | 73,69 — η = 0,7 | 5,37 m ₃ S = 0,75 | 0,25 k ₁ | 100,71 q ₃ | — ks = 0,47 | — Wα = 0,94 |
| 1,36 gc ₁ ; ga ₁ W _v = 1,22 | 3,23 d = 0,0015 W _c = 1,37 | 2,90 a = 43 P = 3,92 | 3,27 a · d = 0,0645 h _t = 15,8 | 75,86 cc ₂ η = 0,72 | 3,43 — S = 0,70 | 0,60 — | 100,23 q ₄ | — — | — Wα = 0,738 |
| 1,96 ga ₁₋₂ W _v = 1,70 | 4,29 d = 0,0015 W _c = 1,70 | 5,80 a = 60 P = 4,82 | 5,27 a · d = 0,09 h _t = 10,8 | 75,97 cc ₁ η = 0,6 | 4,55 — S = 0,60 | 0,37 — | 99,79 q ₃ | — ks = 0,82 | — Wα = 0,617 |
| 3,29 ga ₁₋₂ (gm ₁) W _v = 1,16 | 6,46 d = 0,003; 0,0015 W _c = 1,18 | 5,42 a = 40 P = 3,44 | 5,48 a · d = 0,12, 0,06 h _t = 14 | 64,25 cc ₃ η = 0,63 | 3,76 m ₃ S = 0,71 | 0,43 — | 99,03 q ₃ | — ks = 0,54 | — Wα = 0,45 |
| 1,21 gc ₃₋₄ W _v = 2,54 | 2,87 d = 0,0033 W _c = 2,54 | 4,52 a = 49 P = 6,72 | 4,62 a · d = 0,1617 h _t = 12 | 79,76 cc ₁ η = 0,65 | 6,51 — S = 0,74 | 0,65 — | 100,19 q ₁₋₅ | — ks = 1,12 | — Wα = 0,394 |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 324 | F. Von der Mosel *) B. Ältere Gebäude in Elberfeld A. Über 100 J. | Grauschwarz bis blauschwarz; auf den schwach geriefelten Schieferungsflächen kleine Knötchen von Eisenkies; sehr dünn-schiefrig; ziemlich hart. | Die Platten sind gebleicht, aber im allgemeinen gut erhalten; einige zeigen jedoch namhafte Verminderung der Härte. | a) I b) II: II-III | 1) 2) 3) | 1,35 (0,69) D ₂₋₃ W ₁ = 0,25 | 0,87 z ₂ W ₂ = 0,43 |
| 326 | F. Rupbachtal bei Diez *) (Hessen-Nassau) Bruchmaterial | Graugrün; Schieferungsfläche geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig; hart. | Anm.: Die unteren dunkelblauen, festen Lagen sollen recht gut sein und in ihrer Qualität dem Schiefer von Caub nahe kommen (?). | I-II? | 1) 2) 3) | 2,05 (1,81) D ₂₋₃ W ₁ = 0,94 | 2,30 z ₂₋₃ W ₂ = 1,00 |
| 327 | F. Harz, unweit Goslar *) B. Klosterkirche z. Medingen (Reg.-Bez. Lüneburg) A. 104 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig; hart. | Material im allgemeinen gut. Die sich überdeckenden Teile der Platten jedoch schon ziemlich mürbe. | I: I-II | 1) 2) 3) | 3,01 (2,44) Cd ₂₋₃₍₅₎ W ₁ = 0,46 | 3,11 z ₂₋₃ W ₂ = 0,48 |
| 328 | F. Antfeld u. Nuttlar (Westfalen) B. Große Anzahl von Gebäuden in den Kreisen Arnsberg u. Meschede ††) A. ca. 100 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach geriefelt; sehr dünn-schiefrig; ziemlich hart. | Farbe gebleicht. Schiefer teils sehr weich, teils noch hart und guterhalten. | I-II z. T. II | 1) 2) 3) | 4,22 (3,92) D ₃ W ₁ = 0,80 | 4,99 z ₁₋₂ W ₂ = 0,85 |
| 329 | F. Rheinisches Schiefergebirge bei Bonn *) B. Gymn.-Kirche in Bonn A. ca. 200 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche fast eben; sehr dünn-schiefrig; ziemlich hart. | Material stark verwittert und weich; vor 10 Jahren zum Teil erneuert. | II-III | 1) 2) 3) | 1,36 (0,76) Cd ₂₋₃ D ₂₋₃ W ₁ = 0,70 | 0,97 z ₁₋₂ W ₂ = 0,70 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 881-882.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 2,55 gc ₁₋₂ W _v = 0,60 | 5,35 d = 0,003 W _c = 0,60 | 5,54 a = 64 P = 1,92 | 0,40 a·d = 0,192 h _t = 12 | 79,52 — η = 0,6 | 4,13 — S = 0,71 | 0,28 — q ₂ | 100,00 — ks = 0,32 | — — W _a = 0,68 | — — Q |
| $Dz_2gc_{1-2}ad h_t \eta W_a \eta S \eta Q$ $(2,75 - 0,65) 1,07 + 0,12 = 2,37$ <p>(II : II-III)</p> | | | | | | | | | |
| 2,49 gc ₁₋₂ W _v = 1,70 | 4,52 d = 0,0011 W _c = 2,06 | 5,55 a = 60 P = 5,66 | 5,58 a·d = 0,066 h _t = 15,0 | 73,80 — η = 0,86 | 3,67 — S = 0,49 | 0,30 — q ₂ | 100,26 — ks = 0,56 | — — W _a = 0,705 | — — Q |
| $Dz_{2-3}gc_{1-2}ad h_t \eta W_a \eta Q$ $(3,50 - 1,8) 1,022 = 1,74$ <p>(I-II : II)</p> | | | | | | | | | |
| 2,75 gc ₃ ; gk ₁ W _v = 0,68 | 4,05 d = 0,005 W _c = 0,70 | 4,59 a = 34 P = 2,18 | 6,11 a·d = 0,17 h _t = 16,0 | 71,34 — η = 0,87 | 4,78 — S = 0,70 | 0,64 — k ₁ | 100,38 — q ₂₋₃ | — — ks = 1,12 | — — W _a = 0,801 |
| $Cd z_{2-3} gc_3 h_t \eta W_a \eta ks Q$ $gk_1 ad (1,9 - 0,9) 1,042 + 0,16 = 1,20$ <p>(I : I-II)</p> | | | | | | | | | |
| 2,81 ga ₁ W _v = 1,26 | 5,71 d = 0,005 W _c = 1,26 | 4,93 a = 43 P = 3,53 | 3,23 a·d = 0,215 h _t = 13 | 69,26 — η = 0,66 | 4,50 — S = 0,67 | 0,24 — q ₂₋₃ | 99,89 — ks = 0,45 | — — W _a = 1,127 | — — Q |
| $Dz_{1-2} ga_1 ad h_t \eta W_a \eta Q$ $(2,5 - 0,75) 1,10 = 1,925$ <p>(II)</p> | | | | | | | | | |
| 2,22 gc ₁₋₂ ; 2 W _v = 0,82 | 4,77 d = 0,0023 W _c = 0,92 | 5,51 a = 128 P = 2,88 | 7,17 a·d = 0,2944 h _t = 13 | 73,84 — η = 0,5 | 4,08 — S = 0,75 | 0,29 — q ₃ | 100,47 — ks = 0,54 | — — W _a = 0,433 | — — Q |
| $Cd Dz_{1-2} gc_{1-2}; 2 ad h_t \eta W_a \eta$ $(0,5 \cdot 1,37 + 0,5 \cdot 2,75 + 0,05) 1,04$ $S \eta Q + 0,5 = 2,69$ <p>(II-III)</p> | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 330 | F. Silbach bei Winterberg *) (Sauerland, Westfalen) B. Kirchturm in Berghofen (Reg.-Bez. Wiesbaden) A. Über 100 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche eben; sehr dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Die Platten sind mit Moos bewachsen, sehr weich und abblätternd. | II-III bis III | 1) 2) 3) | 2,06 (1,84) $W_1 = 0,41$ | 2,34 z_{2-3} $W_2 = 0,49$ |
| 331 | F. Raumland (Westfalen) B. Beamtenhaus zu Welschenennest †) (Reg.-Bez. Arnsherg) A. ca. 100 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig und weich. | Ein größerer Teil der Platten zeigt starke Verwitterung und sehr bedeutende Abblätterung. | II-III z. T. III | 1) 2) 3) | 3,34 (3,94) $W_1 = 1,77$ | 5,01 z_3 $W_2 = 1,87$ |
| 333 | F. Harz B. St. Stephankirche zu Calbe a. S. ††) A. ca. 100 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche eben; ziemlich dick-schiefrig und weich. | Die Südseite wurde vor 20 Jahren neu gedeckt. Ein Teil der alten Platten noch gut erhalten. | III z. T. III-IV | 1) 2) 3) | 1,59 (1,39) $W_1 = 1,96$ | 1,77 z_{1-2} $W_2 = 2,02$ |
| 334 | F. Grube Silbach b. Neustenberg und Fredeburg (Westfalen) *) B. Schloß Bilstein in Bilstein (Reg.-Bez. Arnsherg) A. ca. 150 J. | Graublau; Schieferungsfläche schwach geriefelt; dünn-schiefrig u. ziemlich hart. | Zur Zeit infolge Verwitterung erneuert. Die Schiefer werden weich und brüchig bei geringer oberflächlicher Abblätterung. | III? | 1) 2) 3) | 5,18 (5,08) $W_1 = 0,89$ | 6,47 z_2 $W_2 = 0,91$ |
| 335 | F. Clotten a. d. Mosel B. St. Gereon, Köln †) A. 75 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche eben; sehr dünn-schiefrig u. weich. | Vor 25 Jahren waren die ersten Renovationen erforderlich. Die neuen Platten sind gebleicht, zeigen verminderte Härte und beginnende Abblätterung. | III bis III-IV | 1) 2) 3) | 0,35 (0,98) $W_1 = 2,17$ | 1,25 z_2 $W_2 = 2,38$ |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 881-882.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|--------|
| 1,96 $g_{c_2}; 1-2$ $W_v = 0,61$ | 7,07 $d = 0,0015$ $W_c = 0,77$ | 5,82 $a = 85$ $P = 2,38$ | 0,29 $a \cdot d = 0,1275$ $h_t = 10$ | 76,59 cc_2 $\eta = 0,45$ | 3,90 — $S = 0,66$ | 0,27 — q_3 | 100,30 — $ks = 0,51$ | — — $W_\alpha = 0,685$ | — — |
| $Cd D z_{2-3} g_{c_2}; 1-2 ad h_i \eta W_\alpha \eta$ $(0,5 \cdot 2,2 + 0,5 \cdot 3,2 + 0) 1,003$ Q $= 2,71 (II-III : III)$ | | | | | | | | | |
| 1,61 $g_{a_1}; g_{c_2}$ $W_v = 2,55$ | 1,91 $d = 0,0015$ $W_c = 2,55$ | 2,54 $a = 98$ $P = 6,84$ | 2,38 $a \cdot d = 0,147$ $h_t = 8$ | 79,40 cc_3 $\eta = 0,6$ | 3,91 — $S = 0,73$ | 0,42 — q_2 | 100,52 — $ks = 0,79$ | — — $W_\alpha = 1,23$ | — — |
| $Cd z_3 g_{a_1} g_{c_2} ad h_i \eta W_\alpha \eta ks S \eta$ $(1,3 + 0,4) 1,11 + 0,32 + 0,2$ Q $= 2,41 (II-III)$ | | | | | | | | | |
| 2,95 $g_{a_3}; 4$ $W_v = 2,53$ | 4,68 $d = 0,0013$ $W_c = 2,84$ | 4,93 $a = 72$ $P = 7,27$ | 5,98 $a \cdot d = 0,094$ $h_t = 6$ | 73,16 cc_1 $\eta = 0,56$ | 5,03 — $S = 0,71$ | 0,06 — q_2 | 100,15 — $ks = 0,46$ | — — $W_\alpha = 1,35$ | — — |
| $Cd z_{1-2} g_{a_3-4} ad h_i \eta W_\alpha \eta Q$ $(2,5 + 0,65) 1,13 = 3,56 (III-IV)$ | | | | | | | | | |
| 2,19 g_{a_1} $W_v = 1,03$ | 2,17 $d = 0,003$ $W_c = 1,28$ | 2,74 $a = 64$ $P = 3,78$ | 2,44 $a \cdot d = 0,192$ $h_t = 13$ | 74,92 cc_3 $\eta = 0,4$ | 3,18 — $S = 0,71$ | 0,66 — q_3 | 99,95 — $ks = 1,24$ | — — $W_\alpha = 0,44$ | — — |
| $Cd D z_2 g_{a_1} ad h_i \eta W_\alpha \eta \cdot ks$ $(0,5 \cdot 1,5 + 0,5 \cdot 2,5 + 0,8) 1,5 + 0,28$ Q $= 4,48 (IV-V)$ | | | | | | | | | |
| 0,39 $g_{a_1}; 2$ $W_v = 3,09$ | 2,37 $d = 0,0015$ $W_c = 3,12$ | 1,36 $a = 43$ $P = 8,90$ | 1,18 $a \cdot d = 0,0645$ $h_t = 8,6$ | 89,07 cc_1 $\eta = 0,5$ | 4,51 — $S = 0,76$ | 0,22 — q_5 | 100,70 — $ks = 0,40$ | — — $W_\alpha = 1,93$ | — — |
| $D z_2 g_{a_1}; 2 ad h_i \eta W_\alpha \eta Q$ $(3,4 - 0,6) 1,24 = 3,47 (III-IV)$ | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|
| 337 | F. Raumland (Westfalen) B. Amtsgerichtsgebäude zu Laasphe (Reg.-Bez. Arnsherg) A. ca. 20 J. | Grauschwarz; auf der geriefelten Schieferungsfläche Knötchen von Eisenkies; ziemlich dickschiefrig u. ziemlich hart. | Die aus den oberen Schichten d. Bruches stammenden „Sand-schiefer“ verwittern am meisten. Die tieferen Lagen sind etwas besser, werden aber auch ziemlich weich und zeigen Spuren von Abblätterung. | III-IV z. T. IV | 1) 2) 3) | 2,83 (0,90) $D_2 - J_2$ $W_1 = 0,56$ | 1,15 z_1 $W_2 = 0,65$ |
| 338 | F. Clotten a. d. Mosel *) B. Dienstwohngeb. Bahnhof Wichlinghausen (Reg.-Bez. Düsseldorf) A. ca. 67 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche wellig; ziemlich dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Der Schiefer verwittert und blättert stark auf. | III-IV z. T. IV | 1) 2) 3) | 0,56 (1,34) Cd_3 $W_1 = 1,75$ | 1,70 z_{3-4} $W_2 = 1,81$ |
| 341 | F. Herbeumont (Luxemburg) B. Basilika zu Trier (††) A. ca. 45 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche eben; sehr dünn-schiefrig und weich. | Ein Teil der Platten bereits verwittert, anscheinend infolge beträchtlichen Gehaltes an Eisenkies. | z. T. V | 1) 2) 3) | 1,37 (1,04) D_{2-3} $W_1 = 1,40$ | 1,32 z_1 $W_2 = 1,81$ |
| 342 | F. Wildungen *) B. Empfangsgebäude des Bahnhofs zu Neukirchen (Reg.-Bez. Wiesbaden) A. 27 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Der größte Teil der Platten zeigt ziemlich beträchtliche Verwitterung. | z. T. III-IV | 1) 2) 3) | 1,92 (1,33) D_3 $W_1 = 0,49$ | 1,69 z_3 $W_2 = 0,55$ |
| 343 | F. Antfeld b. Bestwig (Westfalen) B. Beamtenwohnhaus z. Benninghausen (†) (Reg.-Bez. Minden) A. 42 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; ziemlich dickschiefrig und sehr hart. | Jährliche Auswechslung der unbrauchbaren Platten erforderlich, die stark verwittern, weich und blättrig werden. | III z. T. IV | 1) 2) 3) | 2,20 J_1 $W_1 = 0,27$ | 2,78 z_1 $W_2 = 0,34$ |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf Seite 881—882.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------|------------------------|-------------------------|
| 2,90 $ga_{1;2}$ $W_v = 0,90$ | 4,88 $d = 0,002$ $W_c = 1,22$ | 5,33 $a = 47$ $P = 3,52$ | 7,97 $a \cdot d = 0,054$ $h_t = 14,2$ | 70,58 cc_2 $\eta = 0,375$ | 4,15 — $S = 0,53$ | 0,05 — | 99,84 q_2 | — $ks = 0,09$ | — $W_\alpha = 0,815$ |
| $D J z_1 ga_{1;2} ad h_t \eta W_\alpha \eta Q$ $(0,5 \cdot 3,75 + 0,5 \cdot 4 - 0,8) 1,1 = 3,38$ (III-IV) | | | | | | | | | |
| 1,65 $gc_1 gm_1$ $W_v = 2,30$ | 4,24 $d = 0,005$ $W_c = 2,35$ | 4,78 $a = 31$ $P = 6,37$ | 5,48 $a \cdot d = 0,155$ $h_t = 12$ | 78,06 cc_1 $\eta = 0,4$ | 4,23 m_1 $S = 0,77$ | 0,07 — | 100,76 q_2 | — $ks = 0,10$ | — $W_\alpha = 0,643$ |
| $Cd z_{3-4} gc_1 gm_1 ad h_t \eta W_\alpha \eta S \eta Q$ $(1,5 + 1,1) 1,09 + 1 = 3,83$ (III-IV: IV) | | | | | | | | | |
| 1,35 ga_{1-2} $W_v = 2,01$ | 6,08 $d = 0,004$ $W_c = 2,24$ | 5,77 $a = 38$ $P = 6,12$ | 6,51 $a \cdot d = 0,153$ $h_t = 8$ | 72,85 cc_1 $\eta = 0,4$ | 4,39 — $S = 0,81$ | 0,27 — | 99,81 q_2 | — $ks = 1,51 - 2,1$ | — $W_\alpha = 1,25$ |
| $D z_1 ga_{1-3} ad h_t \eta W_\alpha \eta ks$ $(2,25 + 0,55) 1,14 + 0,32$ $S \eta Q$ $+ 1,2 = 4,71$ (IV-V: V) | | | | | | | | | |
| 2,40 $ga_1; gm_1$ $W_v = 0,91$ | 2,66 $d = 0,003;$ $0,0015$ $W_c = 0,91$ | 3,14 $a = 45$ $P = 2,73$ | 3,87 $a \cdot d = 0,135;$ $0,0675$ $h_t = 12$ | 79,97 cc_{1-2} $\eta = 0,5$ | 4,55 m_1 $S = 0,60$ | 0,54 — | 100,74 q_3 | — $ks = 1,31$ | — $W_\alpha = 0,581$ |
| $D z_2 ga_1 gm_1 ad h_t \eta W_\alpha \eta ks$ $(2,25 + 0,2) 1,04 + 0,25$ Q $= 2,80$ (II-III: III) | | | | | | | | | |
| 1,89 $ga_{1;2}$ $W_v = 0,69$ | 2,60 $d = 0,001$ $W_c = 0,69$ | 2,31 $a = 47$ $P = 2,21$ | 2,06 $a \cdot d = 0,047$ $h_t = 21,5$ | 81,76 cc_2 $\eta = 0,6$ | 4,02 — $S = 0,49$ | 0,71 — | 100,33 q_4 | — $ks = 2,5$ | — $W_\alpha = 1,376$ |
| $J z_1 ga_{1;2} ad h_t \eta W_\alpha \eta ks Q$ $(5,0 - 2,5) 1,13 + 0,3 = 3,125$ (III) | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------|----|
| 344 | F. Berleburg (Westfalen) B. Empfangsgebäude des Bahnhofs Berg-Gladbach (Reg.-Bez. Düsseldorf) †) A. 25 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; sehr dünn-schiefrig und hart. | Der blauschwarze Schiefer zeigt auf den sonst gut erhaltenen Tafeln hellgraue Flecke, welche weich und blättrig sind. | IV-V | 1) 0,11 2) (0,09) 3) $W_1 = 0,51$ | z_2 $W_2 = 0,83$ | |
| 345 | F. Fredeburg (Westfalen) B. Beamtenwohnhaus Altenhunden †) (Reg.-Bez. Arnsberg) A. ca. 26 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Ein erheblicher Teil der Platten zeigt Verwitterung mit Abblätterung. | III-IV z. T. V | 1) 1,88 (1,79) 2) $D_4 - J_2$ 3) $W_1 = 1,51$ | z_1 $W_2 = 1,82$ | |
| 346 | F. Bestwig b. Nuttlar *) (Westfalen) B. Stationsgebäude Hilgen (Gemeinde Burscheid) A. 127 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; ziemlich dickschiefrig und sehr hart. | Der Schiefer ist anscheinend infolge des reichlichen Gehalts an Eisenkies mehr oder weniger stark verwittert. | V | 1) 1,70 (2,34) 2) $J_3; Cd_5$ 3) $W_1 = 1,34$ | z_{1-3} $W_2 = 0,44$ | |
| 348 | F. Fredelar bei Berleburg B. Försterei Karlsburg ††) (Dodenu, Reg.-Bez. Wiesbaden) A. 24 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; sehr dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Das Material ist ziemlich stark verwittert, sehr weich und blättrig. | IV-V z. T. V | 1) 1,34 (0,98) 2) $J_2 - D_{1-2}$ 3) $W_1 = 0,40$ | z_1 $W_2 = 0,46$ | |
| 349 | F. Nassauische Brüche B. Empfangsgebäude des Bahnhofs Neuhof ††) (Reg.-Bez. Wiesbaden) A. 26 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig aber hart, mit Eisenkies. | Die Platten werden weich und blättern ab, sind überdies mit Moos bewachsen. | IV | 1) 5,24 (5,83) 2) $C_4 - D_{2-3}$ 3) $W_1 = 1,86$ | z_{2-3} $W_2 = 2,05$ | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 881-882.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------|------------------------------|-------|--------|-------------|-----------------------------------|
| 2,01 | 6,22 | 7,62 | 6,86 | 72,63 | 4,22 | 0,113 | 99,90 | — | — |
| $ga_1; g_3$ $W_v = 0,95$ | $d = 0,002$ $W_c = 1,01$ | $a = 42$ $P = 3,05$ | $a \cdot d = 0,062$ $h_t = 15$ | — | $\eta = 0,386$ $S = 0,82$ | — | q_3 | $ks = 0,98$ | $W_\alpha = 1,085$ |
| $D J z_2 ga_{1-3} ad h_t \eta W_\alpha \eta$ $(4,0 - 0,6) 1,125 + 0,08$ $S \eta$ Q $+ 0,6 = 4,5$ (IV-V) | | | | | | | | | |
| 3,19 | 2,82 | 4,95 | 6,75 | 73,03 | 3,36 | 0,35 | 99,62 | — | — |
| $gk_2; gc_2$ $W_v = 2,07$ | $d = 0,003$ $W_c = 2,46$ | $a = 46$ $P = 6,63$ | $a \cdot d = 0,116$ $h_t = 12$ | cc_{1-2} | $S = 0,74$ | — | k_2 | q_3 | $ks = 1,2$ $W_\alpha = 1,134$ |
| $D J z_1 gk_2 gc_2 ad h_t \eta W_\alpha \eta$ $(0,5 \cdot 3,9 + 0,5 \cdot 5,5 - 1,8) 1,1$ ks Q $+ 0,33 = 3,52$ (III-IV) | | | | | | | | | |
| 2,09 | 1,71 | 2,16 | 2,19 | 83,26 | 3,52 | 0,62 | 100,23 | — | — |
| gm_4 $W_v = 0,51$ | $d = 0,008$ $W_c = 0,51$ | $a = 40$ $P = 1,67$ | $a \cdot d = 0,22$ $h_t = 21,5$ | cc_{1-2} | $S = 0,86$ | — | q_4 | $ks = 2,3$ | $W_\alpha = 0,639$ |
| $J C d z_{1-3} gm_4 ad h_t \eta W_\alpha \eta$ $(0,5 \cdot 4,5 + 0,5 \cdot 2,5 - 1,8) 1,057$ ks $S \eta$ Q $+ 0,28 + 3 = 5,08$ (V) | | | | | | | | | |
| 1,59 | 4,20 | 4,66 | 6,90 | 75,50 | 3,55 | 0,51 | 99,50 | — | — |
| $ga_2; gm_2$ $W_v = 0,63$ | $d = 0,0015$ $W_c = 0,66$ | $a = 28$ $P = 2,09$ | $a \cdot d = 0,042$ $h_t = 12$ | cc_2 | $S = 0,70$ | — | q_2 | $ks = 0,96$ | $W_\alpha = 0,95$ |
| $J D z_1 ga_2 gm_2 ad h_t \eta W_\alpha \eta$ $(0,5 \cdot 5 + 0,5 \cdot 4 - 0,3) 1,115$ ks Q $+ 0,3 = 4,98$ (V) | | | | | | | | | |
| 1,16 | 3,28 | 3,09 | 4,35 | 70,95 | 4,43 | 0,26 | 100,18 | — | — |
| $ga_2 gk_3$ $W_v = 2,56$ | $d = 0,002$ $W_c = 2,56$ | $a = 29$ $P = 6,64$ | $a \cdot d = 0,058$ $h_t = 15$ | cc_3 | $S = 0,801$ | — | k_3 | q_2 | $ks = 0,40$ $W_\alpha = 0,982$ |
| $C D z_{2-3} ga_2 gk_3 ad h_t \eta W_\alpha \eta$ $(0,5 \cdot 3 + 0,5 \cdot 4,5 - 1,3) 1,09$ $S \eta$ Q $+ 1 = 3,67$ (III-IV) | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|---------------------------------------------------|------------------------------------|
| 350 | F. Sauerland, wahr-scheinl. Nuttlar (Westfalen) †† B. Beamtenhaus am Bahnhof Meschede (Reg.-Bez. Arnsberg) A. Über 50 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt bis wellig; sehr dünn-schiefrig und hart. | Einzelne schadhafte Platten werden regelmäßig ersetzt. Die übrigen noch ziemlich hart, aber schon gebleicht und abblättern. | III-IV | 1) 2) 3) | 7,64 (8,17) J_2 $W_1 = 0,72$ | 10,16 z_{2-3} $W_2 = 0,97$ |
| 351 | F. Berleburg (Westfalen) B. Güterschuppen Bahn. Solingen, Weyersberg †† A. 26 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche eben; sehr dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Material beträchtlich verwittert, zeigt starke Abblättern. | IV-V | 1) 2) 3) | 0,13 D_{2-3} $W_1 = 2,97$ | — z_{2-3} $W_2 = 3,23$ |
| 352 | F. Raumland (Westfalen) B. Güterschuppen Bahn. Finnentrop † (R.-B. Arnsberg) A. 22 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; dickschiefrig und weich. | Platten ziemlich stark verwittert. | IV-V z. T. V | 1) 2) 3) | 7,95 (6,89) D_{3-5} $W_1 = 0,62$ | 8,77 z_3 $W_2 = 0,81$ |
| 353 | F. Fredeburg (Westfalen) *) B. Wandbekleidung des Empfangsgebäudes Bahn. Menden (R.-B. Arnsberg) A. 21 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig und weich. | Material zum Teil stark verwittert, zum Teil noch ziemlich hart, aber gebleicht und abblättern. | IV-V | 1) 2) 3) | 5,64 (4,49) D_1 $W_1 = 0,65$ | 5,90 z_{1-2} $W_2 = 0,74$ |
| 354 | F. England B. Empfangsgebäude Bahn. Grevenbrück †† (Reg.-Bez. Arnsberg) A. ca. 25 J. | Graublau; Schieferungsfläche schwach geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig und weich. | Ein großer Teil der Platten zeigt Verwitterung, die übrigen sind noch gut erhalten. | V-VI | 1) 2) 3) | 0,23 (0,19) D_2 $W_1 = 0,18$ | 0,24 z_{2-3} $W_2 = 0,30$ |
| 355 | F. Saarburg (Rheinland) B. Wohnhaus zu Trier † A. 25 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche eben; sehr dünn-schiefrig und weich. | Material stark verwittert, weich und hohl aufgeblättert. | V z. T. V-VI | 1) 2) 3) | 1,31 (0,63) $D_3 - J_{2-3}$ $W_1 = 6,64$ | 0,80 z_1 $W_2 = 7,32$ |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 881-882.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 0,79 g_{a_2} $W_v = 1,12$ | 6,57 $d = 0,004$ $W_c = 1,27$ | 4,64 $a = 48$ $P = 3,67$ | 9,25 — $h_t = 14$ | 66,80 cc_4 $\gamma = 0,6$ | 3,65 — $S = 0,76$ | 0,50 — $J_{z_{2-3}}$ | 100,00 q_2 $W_{a\eta}$ | — — $ks = 1,2$ | — — $W_\alpha = 0,821$ |
| $\frac{Q}{(4 - 1,2) 1,08 + 0,36} = 3,384$ <p>(III-IV)</p> | | | | | | | | | |
| 1,86 $g_{a_3; 2}$ $W_v = 4,05$ | 5,10 $d = 0,003$ $W_c = 4,14$ | 7,22 $a = 32$ $P = 10,28$ | 5,39 $a \cdot d = 0,096$ $h_t = 13$ | 73,67 — $\gamma = 0,333$ | 5,91 — $S = 0,78$ | 0,25 — $D_{z_{2-3}}$ | 99,53 q_2 $W_{a\eta}$ | — — S_η | — — Q |
| $\frac{Q}{(3 + 0) 1,06 + 1,2} = 4,38$ <p>(IV-V)</p> | | | | | | | | | |
| 0,90 $g_{a_1; 2} g_{c_1}$ $W_v = 0,99$ | 1,17 $d = 0,002$ $W_c = 0,99$ | 1,12 $a = 27$ $P = 3,03$ | 1,37 $a \cdot d = 0,054$ $h_t = 9$ | 75,86 cc_4 $\gamma = 0,52$ | 3,25 — $S = 0,82$ | 0,20 — D_{z_3} | 100,59 q_2 $W_{a\eta}$ | — — S_η | — — Q |
| $\frac{Q}{(3 - 0,5) 1,11 + 1,15} = 3,93$ <p>(IV)</p> | | | | | | | | | |
| 2,05 $g_{a_1} (g_{c_2})$ $W_v = 0,94$ | 2,78 $d = 0,001$ $W_c = 0,94$ | 2,63 $a = 32$ $P = 2,83$ | 2,88 $a \cdot d = 0,032$ $h_t = 10$ | 74,72 cc_2 $\gamma = 0,46$ | 2,85 — $S = 0,79$ | 0,39 — $D_{z_{1-2}}$ | 99,84 q_2 $W_{a\eta}$ | — — ks | — — $W_\alpha = 0,543$ |
| $\frac{Q}{(2,25 + 0,7) 1,06 + 0,38 + 0,7} = 4,2$ <p>(IV: IV-V)</p> | | | | | | | | | |
| 0,62 $g_{a_1; 2}$ $W_v = 0,30$ | 1,71 $d = 0,0005$ $W_c = 0,30$ | 2,13 $a = 60$ $P = 1,12$ | 2,24 $a \cdot d = 0,03$ $h_t = 6$ | 87,67 — $\gamma = 0,375$ | 4,47 — $S = 1,00$ $Sr = 0,86$ | 0,095 — $D_{z_{2-3}}$ | 99,45 q_4 $W_{a\eta}$ | — — S_η | — — Q |
| $\frac{Q}{(4 - 0,2) 1,009 + 2} = 5,83$ <p>(V-VI: VI)</p> | | | | | | | | | |
| 1,37 $g_{m_1; 3}$ $W_v = 8,84$ | 6,94 $d = 0,003$ $W_c = 8,84$ | 5,59 $a = 43$ $P = 19,76$ | 7,86 $a \cdot d = 0,129$ $h_t = 9$ | 70,35 cc_1 $\gamma = 0,45$ | 4,82 $m_{1; 3}$ $S = 0,83$ | 0,10 — $D J z_1$ | 98,91 q_2 $g_{m_1; 3} ad$ | — — $h_t \gamma W_{a\eta}$ | — — S_η |
| $\frac{Q}{(0,5 \cdot 3,5 + 0,5 \cdot 4 - 0,3) 1,125 + 1,0} = 4,88$ <p>(V)</p> | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----|
| 356 | F. England B. Stationsgebäude Bahnhof Ermsleben † (Reg.-Bez. Merseburg) A. 25 J. | Graublau; Schieferungsfläche eben; sehr dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Trotz vielfacher Auswechslung mußte das Dach gänzlich erneuert werden. Ein großer Teil der Schiefer ist zersprungen. | V-VI | 1) — 2) J ₃₋₄ 3) W ₁ = 0,30 | — z ₁ W ₂ = 0,39 | |
| 357 | F. Sachsen B. Empfangsgebäude Bahnh. Schlüchtern † (R.-B. Kassel) A. 25 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach geriefelt; sehrdünn-schiefrig und weich. | Material stark verwittert, weich und aufgeblättert. | V | 1) 5,34 (4,76) 2) D ₂ 3) W ₁ = 1,41 | 6,06 z ₂₋₃ W ₂ = 1,64 | |
| 358 | F. Nuttlar (Sauerland, Westfalen) B. Empfangsgebäude Bahnh. Fröndenberg † (R.-B. Arnberg) A. 23 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach geriefelt; sehrdünn-schiefrig und hart. | Ein Teil der Platten ist bereits mürbe, während die anderen noch ziemlich gut erhalten sind. | III-IV z. T. V | 1) 0,06 2) D ₁ -J ₁ 3) W ₁ = 0,40 | — z ₁ W ₂ = 0,43 | |
| 359 | F. Berleburg *) (Westfalen) B. Nebengebäude Bahnh. Dornap A. 16 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt bis wellig; ziemlich dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Material ist verwittert und stark aufgeblättert. | V-VI | 1) 5,39 (5,18) 2) J ₂₋₃ 3) W ₁ = 0,72 | 6,60 z ₁ W ₂ = 0,87 | |
| 360 | F. Honnerte bei Berleburg B. Försterei Batzenfeld † (Reg.-Bez. Wiesbaden) A. 16 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche rau; ziemlich dünn-schiefrig und ziemlich weich. | Material besonders auf der Sonnenseite zum Teil schon verwittert. | z. T. IV | 1) 0,98 (0,89) 2) D ₃ -J ₂ 3) W ₁ = 1,40 | 1,14 z _{2;1} W ₂ = 1,53 | |
| 361 | F. Bei Bestwig-Nuttlar (Westf.) B. Stationsgebäude Bahnh. Hemer † (R.-B. Arnberg) A. 11 bis 12 J. | Dunkelgrau; Schieferungsfläche schwach geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Platten stark verwittert, weich und blättrig. | V-VI z. T. VI | 1) 11,11 (10,50) 2) D ₁ -J ₁ 3) W ₁ = 0,58 | 13,41 z ₁ W ₂ = 0,62 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 881—882.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------|
| 1,72 ga ₁ gm ₂ W _v = 0,39 | 5,06 d = 0,004 W _c = 0,48 | 6,53 a = 36 P = 1,61 | 9,77 a·d = 0,144 h _t = 11 | 72,45 — η = 0,42 | 4,39 m ₂ S = 0,81 | 0,09 — | 100,01 q ₃ | — ks = 0,17 | — W _α = 0,636 |
| $J z_1 g a_1 g m_2 a d h_t \eta W \alpha \eta \quad S \eta \quad Q$ $(5-1,2) 1,09 + 0,9 = 5,04 \text{ (V)}$ | | | | | | | | | |
| 2,59 gc ₁₋₂ gm ₁ W _v = 2,08 | 4,78 d = 0,00075 W _c = 2,08 | 4,08 a = 40 P = 5,69 | 6,13 a·d = 0,03 h _t = 9 | 65,38 — η = 0,4 | 5,43 m ₃ S = 0,78 | 0,92 — | 100,71 q ₃ | — ks = 1,725 | — W _α = 1,18 |
| $D z_{2-3} g c_{1-2} g m_1 a d h_t \eta W \alpha \eta$ $(2,5 + 0,5) 1,135$ $k s \quad S \eta \quad Q$ $+ 0,88 + 0,5 = 4,785 \text{ (V)}$ | | | | | | | | | |
| 0,73 ga ₂ gc ₂ W _v = 0,73 | 2,23 d = 0,001 W _c = 0,73 | 6,09 a = 28 P = 2,29 | 4,03 a·d = 0,028 h _t = 14,2 | 83,19 — η = 0,60 | 3,65 — S = 0,59 | 0,02 — | 100,00 q ₃ | — ks = 0,32 | — W _α = 0,98 |
| $D J z_1 g a_2 g c_2 a d h_t \eta W \alpha \eta$ $(0,5 \cdot 3 + 0,5 \cdot 5 - 0,75) 1,09$ Q $= 3,54 \text{ (III-IV)}$ | | | | | | | | | |
| 2,99 ga ₁₋₂ gm ₁ W _v = 1,06 | 6,36 d = 0,0023 W _c = 1,06 | 4,89 a = 34 P = 3,13 | 7,29 a·d = 0,028 h _t = 12 | 61,76 — η = 0,38 | 4,83 m ₁₋₂ S = 0,82 | 0,869 — | 100,98 q ₃ | — ks = 1,63 | — W _α = 1,34 |
| $J z_1 g a_{1-2} g m_1 a d h_t \eta W \alpha \eta \quad k s$ $(4 - 0,6) 1,155 + 0,6$ $S \eta \quad Q$ $+ 1,2 = 5,73 \text{ (V-VI)}$ | | | | | | | | | |
| 1,37 gm ₂ ga ₁ W _v = 1,88 | 5,06 d = 0,003 W _c = 2,01 | 5,19 a = 102 P = 5,52 | 7,48 a·d = 0,306 h _t = 10 | 73,48 — η = 0,43 | 5,58 m ₂ S = 0,76 | 0,62 — | 100,90 q ₃ | — ks = 1,16 | — W _α = 0,64 |
| $D J z_{2;1} g m_2 g a_1 a d h_t \eta$ $(0,5 \cdot 2,5 + 0,5 \cdot 4,2 - 0,15)$ $W \alpha \eta \quad k s \quad Q$ $1,09 + 0,2 = 3,683 \text{ (III-IV:IV)}$ | | | | | | | | | |
| 1,97 ga ₂ gc ₂ W _v = 0,68 | 6,36 d = 0,0008 W _c = 0,73 | 5,08 a = 27 P = 2,27 | 5,83 a·d = 0,0216 h _t = 11 | 52,70 — η = 0,49 | 3,28 — S = 0,85 | 0,20 — | 99,94 q ₃ | — ks = 1,23 | — W _α = 0,955 |
| $D J z_1 g a_2 g c_2 a d h_t \eta W \alpha \eta \quad k s$ $(0,5 \cdot 3 + 0,5 \cdot 5 - 1,0) 1,1 + 0,62$ $S \eta \quad Q$ $+ 1,9 = 5,82 \text{ (V-VI:VI)}$ | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 362 | F. Fell (Rheinl. *) B. Wohnhaus in in Trier A. 26 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche eben; ziemlich dünn-schiefrig und hart. | Material ist stark verwittert, sehr weich und zum Teil völlig hohl aufgeblättert, auch mit Moos überwachsen. | V-VI | 1) 2) 3) | 2,01 (1,57) D ₂ -J ₂ W ₁ = 0,45 | 1,99 z ₂ ; 1 W ₂ = 0,55 |
| 363 | F. Wiltingen *) (Rheinland) B. Buchholzer Gut im Gartenfeld, Trier A. 12 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche eben; sehr dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Material ist stark verwittert und zeigt beginnende Aufblätterung. | V bis V-VI | 1) 2) 3) | 0,46 (0,18) C ₅ -Cd ₅ W ₁ = 0,68 | 0,17 z ₃ W ₂ = 0,70 |
| 364 | F. Holzhausen bei Battenberg *) B. Amtsgericht in Battenberg A. 9 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche uneben; ziemlich dick-schiefrig und ziemlich hart. | Material verwittert. Der Schiefer zer-springt, so daß Neu-deckung erfolgen mußte. | VI z. T. VI-VII | 1) 2) 3) | 1,92 (1,44) D ₃ -J ₂ W ₁ = 0,50 | 1,83 z ₂₋₃ ; 1 W ₂ = 0,54 |
| 365 | F. England B. Verschiedene Gebäude in Köln †) A. 40 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig u. sehr hart. | Platten bis jetzt ziemlich guterhalten. | II-III ? | 1) 2) 3) | 0,15 J ₃ W ₁ = 0,24 | — z ₁ W ₂ = 0,36 |
| 366 | F. Frankreich B. Verschiedene Gebäude in Köln †) A. 30 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche eben; sehr dünn-schiefrig und weich. | Desgl. | IV z. T. IV-V | 1) 2) 3) | 0,19 D ₂₋₃ W ₁ = 0,67 | Spur z ₁ W ₂ = 0,73 |
| 368 | F. An der Mosel *) B. Kathol. Kirche zu St. Wendel (Rheinland) A. ca. 450 J. | Blaugrau; Schieferungsfläche fast eben; sehr dünn-schiefrig und weich. | Die alten Platten sind sehr weich und zeigen oberflächliche Verwitterung und Abblätterung. | IB bis I | 1) 2) 3) | 1,95 (1,01) C ₄₋₅ W ₁ = 0,33 | 1,28 z ₂₋₃ W ₂ = 0,36 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 881-882.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------|----------------|-----------------------------|
| 1,27 ga ₁₋₂ W _v = 0,59 | 5,41 d = 0,00075 W _c = 0,66 | 5,99 a = 85 P = 2,07 | 7,82 a·d = 0,06375 h _t = 14,2 | 71,02 cc ₂ η = 0,4 | 4,35 — S = 0,83 z.T. 0,68 | 0,14 — | 100,00 q ₁ | — ks = 0,26 | — W _α = 0,695 |
| $D J z_2; 1 ga_{1-2} ad h_t \eta W_{\alpha} \eta$ $(0,5 \cdot 3,75 + 0,5 \cdot 4,5 - 0,8) 1,095$ $S \eta \quad Q$ $+ 1,65 = 5,29 \text{ (V-VI)}$ | | | | | | | | | |
| 0,97 gk ₄ W _v = 0,79 | 6,28 d = 0,004 W _c = 0,85 | 5,77 a = 64 P = 2,58 | 7,78 a·d = 0,256 h _t = 12 | 72,50 cc ₁ η = 0,33 | 4,94 — S = 0,83 | 0,06 k ₄ | 98,93 q ₃ | — ks = 0,12 | — W _α = 0,811 |
| $C Cd z_3 gk_4 ad h_t \eta W_{\alpha} \eta S \eta$ $(0,5 \cdot 2,8 + 0,5 \cdot 3,8 + 0,2) 1,12 + 1,4$ Q $= 5,32 \text{ (V:V-VI)}$ | | | | | | | | | |
| 0,23 gc ₅₋₆ W _v = 0,60 | 6,21 d = 0,0015 W _c = 0,65 | 4,97 a = 64 P = 2,03 | 5,86 a·d = 0,096 h _t = 10 | 73,26 cc ₂ η = 0,34 | 5,50 — S = 0,84 | 0,56 — | 100,34 q ₂ | — ks = 1,05 | — W _α = 0,98 |
| $D J z_2; 3; 1 gc_{5-6} ad h_t \eta W_{\alpha} \eta$ $(0,5 \cdot 3,3 + 0,5 \cdot 4,2 - 0,2) 1,127$ $ks \quad S \eta \quad Q$ $+ 0,28 + 1,8 = 6,08 \text{ (VI)}$ | | | | | | | | | |
| 1,70 ga ₂ ; gm ₄ W _v = 0,38 | 2,99 d = 0,001 W _c = 0,48 | 5,65 a = 53 P = 1,50 | 4,43 — h _t = 19,5 | 81,32 — η = 0,61 | 3,22 m ₄ S = 0,75 | 0,013 — | 99,47 q ₅ | — ks = 0,02 | — W _α = 0,71 |
| $J z_1 ga_2 h_t \eta W_{\alpha} \eta S \eta \quad Q$ $gm_4 (4 - 2) 1,07 + 0,5 = 2,64 \text{ (II-III)}$ | | | | | | | | | |
| 2,05 ga ₁ ; 4 W _v = 0,86 | 6,49 d = 0,0003 W _c = 0,91 | 7,66 a = 277 P = 2,79 | 7,85 a·d = 0,0831 h _t = 9 | 69,75 — η = 0,4 | 5,66 — S = 0,80 | 0,07 — | 99,72 q ₄ | — ks = 0,14 | — W _α = 0,597 |
| $D z_1 ga_{1;4} ad h_t \eta W_{\alpha} \eta S \eta \quad Q$ $(3,5 - 0,2) 1,072 + 0,7 = 4,24$ (IV: IV.-V) | | | | | | | | | |
| 1,74 gc ₁₋₃ W _v = 0,45 | 4,77 d = 0,0023 W _c = 0,69 | 6,21 a = 51 P = 2,19 | 7,21 a·d = 0,117 h _t = 17 | 72,31 cc ₂ η = 0,81 | 4,39 — S = 0,52 | 0,668 — | 100,53 q ₆ | — ks = 1,25 | — W _α = 0,587 |
| $C z_2; 3 ad h_t \eta W_{\alpha} \eta \quad ks \quad Q$ $gc_{1-3} (0,87 + 0) 1,015 + 0,16 = 1,04 \text{ (I)}$ | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 369 | F. Hüttenrode (Harz) B. Domkirche zu Magdeburg ††) A. ca. 65 J. | Grauschwarz. Schieferungsfläche geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig. | Material bis jetzt im allgemeinen gut erhalten; einzelne Platten sind jedoch bereits hohl aufgeblättert. | III-IV z. T. | 1) 5,34 (3,53) 2) D ₂₋₃ 3) W ₁ = 1,24 | 4,49 z ₁ W ₂ = 1,25 | |
| 370 | F. Goslar (Harz) B. Turm i. Quadendombeck ††) A. 55 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche fast eben, nur sehr schwach geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig. | Material ist im allgemeinen ziemlich gut erhalten. Einzelne Platten sind jedoch weich und zeigen Abschilferungen. | III | 1) 1,23 (0,62) 2) D ₃ ; J ₂ 3) W ₁ = 0,65 | 0,79 z ₁ W ₂ = 0,78 | |
| 371 | F. Goslar *) B. Wohnhäuser in Goslar A. 100 bis 150 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig und ziemlich weich. | Starke Ausbleichung der Farbe, sehr beträchtliche Verminderung der Härte und ziemlich starke Aufblätterung. | II-III z. T. III | 1) 3,51 (4,71) 2) J ₂₋₃ 3) W ₁ = 0,55 | 5,99 z ₁ W ₂ = 0,70 | |
| 373 | F. Antfeld b. Bestwig (Westfalen) B. Beamtenwohnhaus Haltestelle Benninghausen (Reg.-Bez. Münster) ††) A. 42 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche schwach geriefelt; ziemlich dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Platten stark verwittert, weich und blättrig; jährliche Auswechslung derselben erforderlich. | IV z. T. IV-V | 1) 7,28 (6,75) 2) D ₁ ; J ₁ 3) W ₁ = 0,27 | 8,59 z ₁ W ₂ = 0,34 | |
| Nr. 378 bis 381: | | | | | | | |
| 378 | F. Troppau (Österr.-Schles.) B. Gerichtsgeb. Ottmachau †) (Reg.-Bez. Oppeln) A. 300 J. | Grauschwarz; Schieferungsfläche wellig; ziemlich dünn-schiefrig und hart. | Die Platten werden weich u. abblätternd; alljährlicher Ersatz derselben notwendig. | I-II | 1) 0,22 (0,26) 2) D ₃ -J ₃ 3) W ₁ = 0,80 | 0,33 z ₂ -z ₁ W ₂ = 0,96 | |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 881-882.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|------------------|------------|------------------------|
| 0,29 | 8,30 | 5,28 | 0,39 | 70,79 | 4,53 | 0,43 | 99,84 | — | — |
| g _{a1} ; g _{c3-4} W _v = 1,56 | d = 0,0011 W _c = 1,60 | a = 102 P = 4,57 | a·d = 0,1122 h _t = 16 | cc ₃ η = 0,4 | — S = 0,78 | — | q ₃ | ks = 0,81 | W _α = 0,355 |
| $D z_1 g_{a1} g_{c3-4} ad h_t \eta W_{\alpha} \eta \quad ks$ $(3,2 - 0,6) 1,01 + 0,2$ $S \eta \quad Q$ $+ 0,4 = 3,23 \text{ (III : III-IV)}$ | | | | | | | | | |
| 1,67 | 4,24 | 5,74 | 0,22 | 80,25 | 5,08 | 0,25 | 99,47 | — | — |
| g _{a1} ; g _{c3-4} W _v = 0,93 | d = 0,003 W _c = 1,03 | a = 51 P = 3,02 | a·d = 0,153 h _t = 12 | — η = 0,5 | m ₂₋₃ S = 0,75 | — | q ₅ | ks = 0,473 | W _α = 4,87 |
| $D J z_1 g_{a1} g_{c3-4} ad h_t \eta$ $(0,5 \cdot 2,8 + 0,5 \cdot 4 - 0,6)$ $W_{\alpha} \eta \quad S \eta \quad Q$ $1,04 + 0,15 = 3,06 \text{ (III)}$ | | | | | | | | | |
| 2,72 | 3,10 | 4,22 | 4,68 | 71,65 | 4,82 | 0,35 | 100,31 | — | — |
| g _{a1} ; g _{c4} W _v = 0,82 | d = 0,0023 W _c = 0,93 | a = 38 P = 2,99 | a·d = 0,047 h _t = 10 | cc ₂₋₃ η = 0,6 | m ₂ S = 0,75 | — | q ₃₋₄ | ks = 0,66 | W _α = 0,695 |
| $J z_1 g_{a1} g_{c4} h_t \eta W_{\alpha} \eta \quad S \eta$ $(4,25 - 1,7) 1,07 + 0,15$ Q $= 2,88 \text{ (II-III : III)}$ | | | | | | | | | |
| 2,52 | 8,42 | 3,55 | 7,79 | 57,60 | 3,66 | 0,52 | 99,93 | — | — |
| g _{a3} ; g _{c3-4} W _v = 0,69 | d = 0,003 W _c = 0,96 | a = 49 P = 2,21 | a·d = 0,147 h _t = 11 | cc ₄ η = 0,42 | — S = 0,50 | — | q ₃ | ks = 1,01 | W _α = 0,901 |
| $D J z_1 g_{a3} g_{c3-4} ad h_t \eta$ $(0,5 \cdot 2,7 + 0,5 \cdot 4 + 0,1)$ $W_{\alpha} \eta \quad ks \quad Q$ $1,11 + 0,35 = 4,18 \text{ (IV)}$ | | | | | | | | | |
| Culm-Formation | | | | | | | | | |
| 0,68 | 7,33 | 6,37 | 10,23 | 69,63 | 4,04 | 0,021 | 98,86 | — | — |
| g _{m2} W _v = 1,29 | d = 0,004 W _c = 1,32 | a = 13 P = 3,81 | a·d = 0,052 h _t = 17 | cc ₁ η = 0,8 | m ₂ S = 0,72 | — | q ₄ | ks = 0,04 | W _α = 0,321 |
| $D J z_2 z_1 g_{m2} ad h_t \eta$ $(0,5 \cdot 4 + 0,5 \cdot 4,5 - 2,5)$ $W_{\alpha} \eta \quad Q$ $1,007 = 1,76 \text{ (I-II : II)}$ | | | | | | | | | |

Anmerkung: Über die Bedeutung der Zeichen und

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 379 | F. Troppau (Österr.-Schles.) B. Schulgebäude Kniezemitz (Reg.-Bez. Op- peln) ††) A. 22 J. | Graublau; Schiefe- rungsfläche nur sehr schwach geriefelt; sehr dünn-schiefrig und hart. | Material ist bereits stark verwittert. | III-IV z. T. IV | 1) 2) 3) | 0,53 (0,34) D ₂ ; J ₂ W ₁ = 0,38 | 0,44 z ₁₋₂ W ₂ = 0,49 |
| 380 | F. Dorf Teschen bei Troppau *) B. Gesindehaus der Domäne Soppau (Reg.-Bez. Op- peln) A. 8 J. | Grauschwarz; Schiefe- rungsfläche eben; sehr dünn-schiefrig und hart. | Einzelne Platten zeigen bedeutende Verwitterung, sind sehr weich und blättrig. | V-VI bis VI | 1) 2) 3) | 0,31 (0,45) D ₂ W ₁ = 0,074 | 0,57 z ₁ W ₂ = 0,77 |
| 381 | F. Österr.-Schles. B. Nebenzollamt Mariental ††) (Kreis Habel- schwerdt, Reg.- Bez. Breslau) A. 10 J. | Grauschwarz; Schiefe- rungsfläche eben; ziem- lich dünn-schiefrig und ziemlich hart. | Der größte Teil der Platten zeigt starke Verwitterung. | VI | 1) 2) 3) | 0,56 (0,81) D ₄ -J ₂ W ₁ = 0,58 | 1,03 z ₃ -z ₁ W ₂ = 0,62 |

Zahlenwerte siehe die Erklärung auf S. 881-882.

| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. |
|------------------------------------|-----------------------|--------|---------------------|-----------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|-----------------------|
| 2,14 | 6,41 | 3,92 | 8,91 | 73,21 | 4,37 | 0,29 | 100,05 | — | — |
| gc ₂ | d=0,0011 | a = 55 | a·d=0,0605 | cc ₁ | m ₂ | — | q ₃ | ks=0,54 | W _α =0,334 |
| W _v = 0,61 | W _c = 0,61 | P=1,16 | h _t = 15 | η = 0,57 | S = 0,8 | D J z ₁₋₂ gc ₂ ad h _t η W _α η (0,5 · 3,8 + 0,5 · 4,5 - 1,9) 1,009 S η Q + 1,4 = 3,67 (III-IV) | | | |
| 1,93 | 5,30 | 8,30 | 7,05 | 71,42 | 4,60 | 0,103 | 99,58 | — | — |
| gc ₂ (gm ₁) | d=0,0015 | a = 47 | a·d=0,0705 | cc ₁ | m ₂ | — | q ₂ | ks=0,19 | W _α =0,255 |
| W _v = 0,80 | W _c = 0,84 | P=2,54 | h _t = 15 | η=0,714 | S = 0,88 | D z ₁ gc ₂ gm ₁ ad h _t η W _α η (3,75 - 1,75) 1,006 S η Q + 4,2 = 6,21 (VI: VI-VII) | | | |
| 2,12 | 5,44 | 4,68 | 7,45 | 73,52 | 4,99 | 0,43 | 100,22 | — | — |
| gk ₃ | d = 0,001 | a = 38 | a·d = 0,03 | — | — | k ₃ | q ₂ | ks=0,87 | W _α = 1,12 |
| W _v = 0,70 | W _c = 0,74 | P=2,31 | h _t = 11 | η = 0,5 | S = 0,84 | D J z _{3-z1} gk ₃ h _t η W _α η (0,5 · 4 + 0,5 · 6 - 1) 1,13 ks S η Q + 0,21 + 1,1 = 5,83 (VI) | | | |

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Sachregister.

(Die Ziffern bezeichnen die Seitenzahlen.)

A.

Ablösungsformen 21
Abnutzbarkeit 83, 89
Abnutzungshärte, Prüfungsergebnisse
92, 95
absolute Festigkeit 66
Absonderung 9
Absonderungsformen 9
kugelförmige 15
plattenförmige 11
säulenförmige 13
schichtenförmige 12
polyedrische 13
akzessorische Eigenschaften 349
Albit 131, 137, 138, 284
Algen, Wirkung 307
allothigene Substanzen 410
amorphe Substanzen 160
amorpher Kohlenstoff 133, 292
Amphibol 287
Amphibolit 102
Analyse, chemische 124
mikroskopische 139
Andalusit 132, 137
Andesin 284
Andesit, s. Trachyt 722
s. auch 358
Anorthit 131, 137, 138, 284
Anthophyllit 132, 137, 138
antikline Schichtenstellung 34
Verwerfungsspalten 40
Aplit 647
Aufbruchsspalten 18

Augit 132, 135, 137, 138, 287
Augitdiorit 169
Ausmessung der Mineralbestandteile 163
Aussonderung d. Gemengteile 127, 129
authigene Substanzen 410

B.

Basalte und Basaltlaven 732
Beurteilung, praktische 757
der Wetterbeständigkeit 759
chemische Zusammensetzung 736
Mikrostruktur 733
petrographische Charakteristik 732
Prüfung, systematische 756
Prüfungsmethoden 741
Schemata zur Qualitätsbestimmung 752
Sonnenbrenner 739
ihre Prüfung 749
Strukturelemente u. ihre Signatur 741
Strukturtypen, Bestimmung und Be-
wertung 743
Verwitterbarkeit der Gemengteile 736
Wetterbeständigkeit 733.
s. auch 14, 26, 27, 93, 94, 96, 98, 99,
101, 106, 117, 208, 273, 358
Basaltlava, s. auch 55, 94, 358
Bauschanalyse 124
Bestandteile, akzessorische 6
Neben- 279, 291
untergeordnete 6
vorherrschende 6
wesentliche 279, 283

Beständigkeitsklasse, Bestimmung 344
 Besteg 28
 Bestimmung, ziffermäßige der Gesteins-
 eigenschaften 331
 Biegungsfestigkeit 62
 Biotit 131, 137, 138, 285
 bituminöse Substanzen 133, 136, 137, 138
 Blattersteine 761
 Bodenfeuchtigkeit, chemische Wirkung
 270
 Brauneisen 133, 136, 137, 292
 Bronzit 132, 135, 137, 138, 288
 Bruchfläche 181
 Bruchgestein, Beschaffenheit der Schlag-
 fläche 7
 Bestandteile 6
 Dichtigkeitsgrad 7
 Farbe 5
 Färbungsbestandteile 5
 Härte und Festigkeitsunterschiede 7
 Korngröße und Gleichmäßigkeitsgrad 6
 Struktur 6
 Verwitterungserscheinungen 8

C.

Chalcedon 130, 137, 138
 chemische Umwandlungen 280
 chemische Untersuchung 124
 Chlorit 132, 135, 286
 Chloritonschiefer 593
 Chloropit 761
 Chromeisen 137

D.

Dachschiefer u. Tonschiefer im allge-
 meinen 592
 Analysen 600
 Zusammenfassung der Resultate 608
 Beurteilung, praktische 641
 der Wetterbeständigkeit 644
 Bewertung 625
 Beispiele 640
 chemische Untersuchung 622
 Zusammensetzung 600
 Erhitzungsversuche 621
 Erweichungskoeffizient 617

Frostprüfung 618
 Härteprüfung 617
 Klassifikation 613
 Tabelle 615
 Mikrostruktur 594
 petrographische Charakteristik 592
 Porositätsverhältnisse 618
 Prüfung, systematische 624
 Prüfungsmethoden 617
 Prüfungsergebnisse 625
 Schemata zur Klassifikation 632 u. f.
 Sonnenbrenner 614
 Strukturelemente und ihre Signatur
 599
 Strukturtypen, Bestimmung und Be-
 wertung 625
 Strukturverhältnisse 617
 Verwitterungserscheinungen 613
 Wassereinwirkung 617
 s. auch 117, 207, 358
 Dachschiefer-Untersuchungen, tabella-
 rische Zusammenstellung 881
 Decken 26
 Diabas 692
 Mikrostruktur 694
 petrographische Charakteristik 693
 Strukturtypen 698
 Diallag 132, 135, 137, 138, 288
 Diamantschneidegatter 59
 Dichtigkeitsgrad 7, 105
 Diorit 692
 Mikrostruktur 694
 petrographische Charakteristik 692
 Strukturtypen 698
 s. auch 93, 94, 98, 101, 102, 156,
 Taf. III, 169
 diskordante Lagerung 31
 Dolerit 55
 Dolomit s. Kalkstein 508
 s. auch 77, 78, 97, 98, 99, 102, 199,
 358, 507
 Dolomitspat 133, 136, 137, 265, 290
 Druckfestigkeit 60, 95
 Prüfungsergebnisse 92, 95
 und Zugfestigkeit, Verhältnis zwischen
 82
 Druckpresse 63, 64
 Dünnschliffe, Herstellung 141, 410

E.

- Eigenschaften, akzessorische 349
 - nebensächliche 349
 - prävalente 349
 - subvalente 349
- Einsturzspalten 18
- Eisenglanz 137
- Eisenkarbonat 257, 259, 260, 263, 280
- Eisenkies 137, 291
- Eisenmagnesiaglimmer 137
- Eisenocker 133, 136, 137, 292
- Eisenoxyd 257
- Eisenspat 133, 265
- Eisentonschiefer 593
- Enstatit 135, 288
- Erweichbarkeit, Bestimmung 192
- Erweichung 272
- Erweichungskoeffizient, Bestimmung 192, 196

F.

- Faltungsspalten 19
- Farbe der Gesteine 5
- Färbungsbestandteile der Gesteine 5
- Färbungstypen 175
- Färbungsversuche 172
- Feldspat 284
- Felsit 93, 94
- Felsitporphyr 159 Taf. VI
- Ferrosit 761
- Festigkeit 60, 66, 304
- Festigkeitsprüfungen 53
 - Ergebnisse 75
- Festigkeitsunterschiede 7
- Festigkeitswiderstände, Beziehungen untereinander 73
- Flechten; Wirkung 307
- Flußwasser, chemische Zusammensetzung 250
 - Wirkung 271
- Frost, Einwirkung auf die Gesteinsverwitterung 293
- Frostbeständigkeit, Prüfung 199, 297

- Frostprüfung, theoretische 220
 - experimentelle 227, 229, 246
- Frosttemperatur, Wechsel der 243
- Frostwirkung, Theorie 199

G.

- Gabbro 693
 - Mikrostruktur 694
 - petrographische Charakteristik 693
 - Strukturtypen 698
 - s. auch 101
- Gänge 28
- Gemengteile, Aussuchen derselben 127
 - basale 649
 - dispergente 650
 - glasige 132
 - symplexe 650
 - syndetische 650
- geologische Beobachtungen 41
- Gesteinsanalyse, chemische 124
 - mikroskopische 139
- Gesteinsauflockerung 338
- Gesteinseigenschaften, ziffermäßige Bestimmung 331
- Gesteinsgemengteile, Bestimmung mittels Mikroskop 149
- Gesteinsuntersuchungen, tabellarische Zusammenstellung 778
- Gesteinsverwitterung, durch Frost 293
 - durch Sonnenbestrahlung 299
- Gewichtsbestimmung, spezifische 109
- Gips 133, 136, 137, 138, 265, 270, 281, 290
 - Löslichkeit 263
- glasartige Substanzen 135, 137, 160
- glasige Gemengteile 132
- Glaukonitsandstein 363
- Glimmer 131, 134, 137, 138, 285, 286
- Glimmersandstein 364
- Glimmerschiefer 102, 324, 680, 682
- Glimmertonschiefer 593
- Gneis und verwandte Gesteine 680
 - Mikrostruktur 683
 - petrographische Charakteristik 680
 - Schemata zur Qualitätsbestimmung 689 u. f.
- Strukturelemente und ihre Signatur 685

- Strukturtypen 686
 s. auch 358
 Grabensenkung 39
 Granat 132, 135, 137, 138, 291
 Granit 646
 Beurteilung, praktische 677
 chemische Untersuchung 671
 kataklastische Struktur 652
 Mikrostruktur 651
 petrographische Charakteristik 646
 Porosität 669
 Prüfung, allgemeine 648
 systematische 671
 Prüfungsmethoden 658
 Schemata zur Qualitätsbestimmung
 673 u. f.
 Strukturelemente und ihre Signatur
 665
 Strukturtypen, Bestimmungen, Be-
 wertung 666
 tektonische Ausbildung 647, 657
 Verwitterbarkeit 651, 657
 Verwitterungstypen des Feldspats 658,
 660 u. f.
 Wasseraufsaugung 669
 s. auch 11, 15, 17, 55, 75, 78, 79, 81,
 82, 92, 94, 98, 101, 102, 106, 118,
 154 Taf. I, 158 Taf. V, 169, 194,
 195, 203, 216, 240, 273, 275, 320,
 358
 Granitit 647
 Graphit 133, 136, 137, 138, 292
 Grauwacken 485
 Analysen 487
 Beurteilung, praktische 506
 Bindemittel 495
 chemische Untersuchung 496
 Analyse, Bedeutung 496
 Gang 497
 Zusammensetzung 487
 Färbungsversuche 496
 Frostprüfung 496
 Kornbindung, Ausmessung und Be-
 stimmung 494
 Kornbindungsfestigkeit 495
 Mikrostruktur 486
 petrographische Charakteristik 485
 Porositätsverhältnisse 496
 Prüfung, systematische 498
 Bewertung 499
 Prüfungsmethoden 494
 Schemata zur Qualitätsbestimmung
 502 u. f.
 Strukturtypen, Bestimmung und Be-
 wertung 499
 s. auch 94, 96, 98, 99, 102, 106, 358
 Grauwacken-Untersuchungen, tabella-
 rische Zusammenstellung 839
 Greisen 647
 Grundwasser, chemische Zusammen-
 setzung 250
 Wirkung 270
 Grünsandstein 363
 Grünstein 202
- H.**
- Haftfestigkeit 183
 Härte 7
 Prüfung 83
 Härteskala, nach Mohs 86
 Hauyn 134
 Hornblende 132, 135, 137, 138, 287
 Horstgebirge 39
 Humussäuren 270
 Hypersthen 132, 135, 137, 138, 288
- K.**
- Kalifeldspat 131, 134, 137, 138, 284
 Kaliglimmer 131, 134, 137, 138, 285
 Kalkfeldspat 134
 Kalknatronfeldspat 134
 Kalksandstein 363
 Kalkspat 133, 136, 137, 265, 288
 Kalksteine, Dolomite und Marmorarten
 508
 Analysen 522
 Beurteilung, praktische 583
 der Wetterbeständigkeit 589
 Bewertung 549, 569
 Beispiele 570
 chemische Untersuchung 543
 Zusammensetzung 522
 Färbungsversuche 540
 Frostprüfung 543

- Gehalt an Eisenkies 531
 Karbonaten 530
 Kieselsäure 531
 organischer Substanz 531
 Ton 531
 Mikrostruktur 510
 petrographische Charakteristik 508
 Porositätsverhältnisse 543
 Prüfung, systematische 545
 Bewertung der Resultate 549
 Prüfungsmethoden 538
 Bestimmung der Kornbindung 538
 Kornbindungsfestigkeit 538
 Struktur 538
 Schemata zur Klassifikation 571 u. f.
 Strukturtypen und ihre Signatur 512
 Bestimmung und Bewertung 549
 Varietäten 513
 Verwitterung 535
 s. auch 44, 45, 56, 77, 78, 79, 81, 82,
 94, 97, 99, 102, 105, 117, 194,
 202, 206, 216, 265, 273, 275, 320,
 323, 358
 Kalkstein-Untersuchungen, tabellarische
 Zusammenstellung 853
 Kalktonschiefer 593
 Kalktuff 509
 Kalziumkarbonat 257, 259, 260
 Kalziumsilikat 257
 Kalziumsulfat 257, 259, 260, 272
 Kaolin 132, 136, 137, 138, 290
 Kapillarfrostwirkung 294
 Kesselbrüche 40, 41
 Kieselsandstein 362
 Klassifikation 333
 Tabelle 339 u. f.
 Gebrauch 344
 Kleinsche Lösung 127
 Kluffbildungen 16
 Kohlensäure 270
 kohlen saure Alkalien 280
 kohlen saures Eisen, Löslichkeit 263, 280
 kohlen saurer Kalk, Löslichkeit 262
 Magnesia, Löslichkeit 263
 Mangan, Löslichkeit 263
 Kohlenstoff, amorpher 133, 136, 137,
 138, 292
 Kompressionsapparat 115
 konkordante Lagerung 31
 Kontaktzement 190
 Kornbindung, mikroskopische Be-
 stimmung 184
 unmittelbare 182, 315
 mittelbare 183, 316
 Kornbindungsfestigkeit, Bestimmung 181,
 184
 Korngröße 6
 Körnung, Gleichmäßigkeitsgrad der-
 selben 6
 Kreidekalk 509
 kristalline Schiefer 358, 683
 Kristallite 767
 Kugeldruckverfahren 88
 Kuppen 25
- L.**
- Labradorit 131, 137, 138, 284
 Lagergänge 28
 Lagerung, fächerförmige 30
 kuppelförmige 30
 mantelförmige 30
 ursprüngliche 32
 zonenartige 30
 Lagerungsformen, geologische 23, 29, 32
 Lenneschiefer 55
 Leucit 131, 134, 137, 285
 Leucituff 208
 Leukoxen 761
 Limonitsandstein 364
 Löslichkeit der gesteinsbildenden Mine-
 ralien 261
 Lösungen, von hohem spez. Gew. 127
 Lösungsmittel 129
 Wirkung 133, 137
 Luft, chemische Zusammensetzung 250
- M.**
- Magnesiaglimmer 131, 134, 137, 138, 286
 Magnesitpat 265
 Magneteseisen 136, 137, 291
 Magnetkies 133, 136, 137, 291
 Markasit 136, 291
 Marmor s. Kalkstein 508
 s. auch 358, 506

Meerwasser, chemische Zusammensetzung 250
 „ Wirkung 271
 Melaphyr, s. Syenit 692
 s. auch 93, 94, 99
 Melaphyrporphyr 157 Taf. IV
 Melilith 131, 134, 137, 285
 meteorische Niederschläge 229
 chemische Zusammensetzung 250
 mikrochemische Untersuchung 148, 161
 Mikroklin 131, 137, 138, 284
 Mikroskop 142
 mikroskopische Gesteinsanalyse 139
 „ Untersuchungsmethoden 149
 Mikroskop-Komparator 273
 Mineralbestandteile, Ausmessung 163
 Mineralien, gesteinsbildende 279
 zeolithische 134
 mineralogische Untersuchung 139
 Minette 701
 Muldenbildung 34
 Muskovit 131, 137, 138, 286

N.

Natronfeldspat 134
 Nebenbestandteile 291
 Nephelin 131, 134, 137, 285
 Niederschläge, meteorische 229, 250
 Nigrosin 172
 Nitrate 257
 Nosean 134

O.

Oberflächenverwitterung 337
 Oligoklas 131, 137, 138, 284
 Olivin 132, 137, 291
 oolithischer Kalkstein 509
 Opal 130, 134
 organische Substanzen 257, 259
 Organismen, pflanzliche, Wirkung 307
 Orthoklas 131, 134, 137, 138, 284

P.

Palagonit 767
 Pegmatit 155 Taf. II, 647
 pflanzliche Organismen, Wirkung 307
 Phonolith 102, 106

physikalische Eigenschaften, Bestimmung derselben 53
 Planimeter-Okular 146, 167
 pleromorphe Ausbildung 436
 polarisiertes Licht, Anwendung 152
 Porenfrosthwirkung 294
 Porenzement 190
 prodine Substanzen 160
 Porositätskoeffizient 109
 Porositätstypen, ihre Beziehungen zur Wasseraufnahmefähigkeit 210 u. f.
 Abbildungen Taf. VII
 Bestimmung 215
 Porphyr 700
 Beurteilung, praktische 719
 chemische Untersuchung 713
 Mikrostruktur 702
 petrographische Charakteristik 700
 Porosität 713
 Prüfung, systematische 716
 Prüfungsmethoden 707
 Schemata zur Klassifikation 717 u. f.
 Strukturelemente und ihre Signatur 707
 Strukturtypen, Bestimmung und Bewertung 708
 Verwitterungserscheinungen 706
 Wasseraufsaugung 713
 s. auch 79, 81, 82, 93, 94, 96, 98, 102, 106, 117, 358
 Porphyrit 701
 Porphyrtuff 705, 707, 720
 prävalente Eigenschaften 349
 Pressungsspalten 19
 Probematerial, für Festigkeitsprüfung 53
 Probekörper, für Festigkeitsprüfung 56
 Protogin 647
 Prüfung der Abnutzbarkeit 83
 der Härte 83
 pulverulente Gesteinsbestandteile 174
 Pyknometer 109
 Pyroxen 137, 138, 287

Q.

Quarz 130, 134, 137, 138, 283
 Quarzit 93, 94, 99
 Quarzporphyr, s. Porphyr 700
 s. auch 101.

R.

- Raumgewicht 103
 - Bestimmung 107
- Regenwasser, chemische Wirkung 268
- relative Festigkeit 62
- Rhyolith, s. Trachyt 722
- Rogenstein 206
- Roteisen 133, 136, 137, 292
- rückwirkende Festigkeit 60

S.

- Salbänder 28
- Sandsteine 360
 - Analysen 372
 - Basalzement 361, 474
 - Beurteilung, praktische 472
 - Bewertung, Beispiele 466
 - Bindemittel, mikroskopische Untersuchung 409
 - Erweichbarkeit 417
 - Bindungsfestigkeit 473
 - chemische Untersuchung 426
 - Gang der Analyse 498
 - Zusammensetzung 372
 - Färbungsversuche 420
 - Festigkeit 475
 - Frostprüfung 422, 423
 - Frostbeständigkeitskoeffizient 424
 - Kontaktzement 361
 - Kornbindung, Ausmessung und Bestimmung 407
 - Kornbindungsart 473
 - Kornbindungsfestigkeit 416
 - körnige Bestandteile 387
 - Mikrostruktur 364
 - petrographische Charakteristik 360
 - Porenfüllmittel 361
 - Porenzement 361, 474
 - Porositätsverhältnisse 418
 - Porositätskoeffizient 419
 - Sättigungskoeffizient 419
 - Verteilungskoeffizient 419
 - Prüfung, Bewertung der Resultate 434
 - systematische 430
 - Prüfungsmethoden 407
- Schemata zur Klassifikation 452, 477, 479
- Schichtung 369
- Schichtungstypen 369
- Strukturelemente und ihre Signatur 434
- Strukturtypen, Bestimmung und Bewertung 438
- Verwitterung 390
 - chemische 390
 - Erscheinungsweise 394
 - Fortschreiten 394
 - mechanische 392
 - potenzielle 394
 - prägressive 394
 - Wetterbeständigkeit 482
- Zwischenmasse 361, 387
 - chemische Zusammensetzung 388
 - s. auch 13, 21, 43, 56, 71, 75, 78, 79, 81, 82, 93, 94, 96, 98, 99, 102, 105, 116, 120 u. f., 123, 199, 202, 205, 225, 240, 241, 273, 275, 321, 322, 335, 336, 358, 364
- Sandsteinuntersuchungen, tabellarische Zusammenstellung 778
- Sandstrahlgebläse 99
- Sanidin 131, 134, 137, 138, 284
- Sattelbildung 34
- Sättigungskoeffizient, Bestimmung 114, 204 u. f.
- Schalstein 760
 - chemische Zusammensetzung 763
 - Mikrostruktur 760
 - petrographische Charakteristik 760
 - Prüfung, systematische s. S. 765
 - Qualitätsklassen 762
 - Strukturtypen 762
 - Bestimmung und Bewertung 763
 - Wetterbeständigkeit 760
 - s. auch 358
- Schaumkalk 509
- Scherfestigkeit 65, 198
- Schichtenaufrichtung, einseitige 33
- Schichtenstellung, antikline u. synkline 34
- Schichtfrostwirkung 294
- Schichtung, horizontale 33
- Schieferung, transversale 35
- Schilfsandstein 203

Schlagfläche 7
 Schlämmapparate 127
 Schleifmaschine 91
 Schneewasser, chemische Wirkung 268
 Schriftgranit 155 Taf. II
 Schubfestigkeit 65
 sedimentäre Gesteine 31
 Ausbildung 31
 Lagerungsformen 32
 Senkungsspalten 18
 Serizit 132, 137
 Serpentin 79, 81, 132, 135, 137, 286
 Silikate, Verwitterungsprozeß 281
 Silikatgesteine, Gemengteile, basale 650
 dispergente 649
 symplexe 650
 syndetische 650
 geschichtete kristallinische 28
 Ausbildung 29
 Lagerungsformen 29
 massige 23
 Prüfung 648
 Verwitterungstypen des Feldspats 658
 Sklerometer 85
 -Versuche 87, 88
 Sonnenbrenner 302, 614
 Erkennung 739
 Prüfung 749
 Sonnenwärme, Wirkung 299
 Spaltbildungen 16
 Spaltfrostwirkung 294
 Spaltungsfähigkeit 19
 Spaltungsformen 21
 spezifische Gewichtsbestimmung 109
 von Mineralien 104
 von Gesteinen 104
 Sprunghöhe 37
 Steinbrüche, Beschreibung 46
 geologische Untersuchung 3
 Stöcke 23
 Ströme 27
 Strukturporen 435
 subvalente Eigenschaften 349
 Süßwasserkalk 509
 Syenit und verwandte Gesteine 692
 Mikrostruktur 694
 petrographische Charakteristik 692

Strukturtypen, Bestimmung und Bewertung 698
 s. auch 320, 358
 synklinale Schichtenstellung 34
 Verwerfungsspalten 40

T.

Tabellarische Zusammenstellung von Gesteinsuntersuchungen 776, 778
 Tafelschiefer 593
 Talk 132, 135, 137, 138, 286
 Tautemperatur, Häufigkeit im Winter 243
 Texturporen 435
 Thouletsche Lösung 127
 Tonschiefer 592, 593
 Titaneisen 136, 137, 291
 Titanomorphit 761
 Tonerde 257
 Tonsandstein 362
 Tonschiefer s. Dachschiefer 592
 Trachyt 722
 Mikrostruktur 723
 petrographische Charakteristik 722
 Prüfung, systematische 730
 Strukturelemente u. ihre Signatur 725
 Strukturtypen, Bestimmung und Bewertung 726
 s. auch 79, 93, 98, 358
 transversale Schieferung 35, 36
 Tuffe 766
 chemische Zusammensetzung 770
 Festigkeit 771
 Frostbeständigkeit 771
 Mikrostruktur 767
 petrographische Charakteristik 766
 Strukturelemente u. ihre Signatur 769
 Strukturtypen, Bestimmung und Bewertung 772
 Wasseraufsaugungsfestigkeit 771
 Wetterbeständigkeit 767
 s. auch 117, 199, 203, 208, 358, 705, 707
 Turmalin 138

U.

Überschiebung 37
 Umwandlungen, chemische 280

Untersuchung, chemische 124
 mikroskopische 139
 mineralogische 139

V.

Verbrauchskoeffizient 101
 Verschiedenartigkeit der Gesteine im
 Bruch 5
 Verteilungskoeffizient, Bestimmung 118
 Verwerfung 9, 32, 36, 37, 38
 Verwerfungsspalten 37, 40
 Verwitterung, potenzielle 394
 prägressive 394
 Verwitterungsagentien 248
 Verwitterungserscheinungen 8
 Verwitterungsfähigkeit der Gesteine,
 Ermittlung 320
 bisherige Versuche 320
 weitere Vorschläge 326
 gesteinsbildender Mineralien 279
 Verwitterungsprozeß der Silikate 281
 Verwitterungsursachen 248

W.

Wasser, auflösende Wirkung 261
 chemische Wirkung 267
 kohlenstoffhaltiges 268
 salpetersäurehaltiges 269
 sauerstoffhaltiges 269
 schwefelsäurehaltiges 269

Wasseraufnahme, Beispiele 116
 meteorische Niederschläge 229
 Wasseraufsaugung, Bestimmung 103, 110
 bei schnellem Eintauchen 111
 langsamem Eintauchen 112
 im Vakuum 113
 bei hohem Druck 114
 parallel u. rechtwinklig zur Schichtung
 214
 Wasserverteilung in geschichteten Ge-
 steinen 118
 Wetterbeständigkeit, zusammenfassende
 Betrachtung 314
 Wetterbeständigkeitsgrad 347
 Wetterbeständigkeitsprüfung 124, 354
 Witterungseinflüsse 21

Z.

zeolithische Mineralien 134
 Zerklüftung 9
 ziffermäßige Bewertung 331
 Eigenschaften 347
 Zugfestigkeit 66
 und Druckfestigkeit, Verhältnis
 zwischen 82
 Zugfestigkeitsmaschine 73
 Zusammenstauchung 36
 Zusammenstellung systematischer Ge-
 steinsprüfungen 776
 Zuverlässigkeit der experimentellen
 Frostprüfung 229

Ortsregister.

(Die Ziffern bezeichnen die Seitenzahlen.)

A.

Abbach 76
Abenberg 202
Abweiler 105
Achern 93
Aderstädt 206, 525
Adnet 80
Agnes-Amanda Grube
837
Aicha 95, 96
Albendorf 122, 199, 225,
241, 425
Alford 256
Allagen 96
Allendorf 97, 105, 698
Allersweiler 92
Allgäu 76
Alsenborn 105
Altena 490, 843, 849
Altenau 490, 847
Alten-Bochum 93
Altenbeken 528, 556, 562,
877
Altenburg 378, 823
Altenhagen 116, 379, 805
Altenhain 95
Altenstadt 93
Alt-Friesack 336
Altheim, Deutsch- 97, 105
Altlangbach 79
Altruhagen 97
Alsenzthal 76, 93

Alt-Warthau 56, 97, 116,
120, 225, 815
Alvensleben 121, 205, 226,
241, 378, 425, 602, 819
Amberg 77
am hohen Berge 218, 783,
795
Amhulto 195
an der Haardt 120, 123, 835
an der Lehne 116
Andernach 96, 747
Andrae, St. 80
Anröchte 199, 207, 216,
226, 528, 877
Antfeld 602, 604, 619, 629,
887, 891, 901
Anweiler 76
Appweiler 105
Arbroath 256
Arco 81
Arpö 195
Artelshofen 77
Arzweiler 97
Aschaffenburg 93, 218, 225,
425, 791
Aschersleben 207, 379, 791,
867
Asse 217, 525, 863
auf dem Lehnerz 218, 787
auf dem Röddel 526, 867
auf der Klus 383, 807
Auritz 95

B.

Babenberg 77
Baden 76, 92
Balhorn 122, 218, 226, 298,
376, 426, 785
Balgstädt 867
Bamberg 76, 77
Barenbach, Grube 92
Barenberg 116, 383, 805
Barmen 206, 835
Barsinghausen 805
Battenberg 605, 899
Baumberge 56, 121, 218,
225, 241, 380, 815
Bautzen 95
Baveno 79, 194
Bayern 76
Bayreuth 77
Bebersdorf 95
Beckum 117, 206, 216, 235,
556, 855, 857, 879
Beesenlaublingen 206, 524,
525, 567, 861
Belgien 96, 206, 524, 554
Bemha 96
Bentengrund 106
Bentheim 120, 199, 205,
225, 241, 374, 803
Berga 56
Bergheim, Nieder- 96
Bergstein 488, 889
Bergstraße 92

Berkum 523, 528
 Berleburg 605, 893, 895, 897
 Berlin 250, 403
 Bernburg 230, 525, 567, 863
 Bernterode 382, 795
 Besserlich 97
 Bestwig 219, 604, 605, 619, 630, 891, 893, 897, 901
 Betheln 526, 867
 Bettingen 76
 Bevergern 375, 376, 425, 807, 833
 Bevertal 106
 Beyerfeld 206, 385, 823, 837
 Biebrich 273
 Biedenkopf 440
 Biela 660
 Bielefeld 374, 526, 562, 823, 865
 Biewer 97
 Bilstein 96, 106, 219
 Birkungen 561, 865
 Birmingham 256
 Bischofsheim 93
 Bischofsmais 92, 93
 Bischofswailer 92
 Bitburg 97
 Bitteswell 256
 Bjornerod 195
 Blauberg 92, 93, 95, 96
 Bleichenbach 116, 797, 799
 Bleienburg 96
 Blombach 841
 Bober 400
 Bochum, Alten- 93
 Bockspiel-Tunnel 699
 Bollendorf 380, 829
 Bolleräne 663
 Bonn 219, 883, 885, 887
 Borbecks-Kule 375, 439, 831
 Born 97, 105
 Bornholm 95
 Börssum 218, 344, 827
 Böschweiler 385, 821
 Boston 250, 251
 Boussier 378, 444, 831

Brauvillières 97
 Breinig 488, 839
 Breitenbach 93
 Breitenfurt 194
 Breital 56
 Breiter Berg 96
 Breslau 401, 402
 Bretzenheim 380, 819
 Březovic 80
 Brochterbeck 335
 Brofjorden 195
 Brohltal 117, 199, 208, 767, 773, 774
 Bruck 265
 Buchberg 94
 Buchholz 96
 Bückeberge 374, 803
 Bückeburg 809
 Buchleithen 96
 Budapest 251
 Büdigen 797
 Bunzlau 231, 377, 396, 397, 398, 399, 400, 406, 815
 Burbach 94
 Burg 490, 849
 Burgberg 117, 714
 Burghausen 793
 Bürgstadt 225, 425
 Burgstedt 122
 Burton 251
 Bürvenich 527, 875

C.

Caën 251
 Calnire 251
 Cambridge 250, 256
 Caracas 253
 Carlshamm 106
 Carlskrona 95, 106, 195
 Carrara 80, 237, 550, 551, 853
 Cattenbühl 217, 805
 Caub 117, 619
 Cava Romana 80
 Cerčan 95
 Četechowitz 80
 Cham 75, 92

Chôdes 378, 444, 831
 Chrzanów 80
 Claustal 492
 Clermond-Ferrand 251
 Clotten 117, 219, 602, 603, 604, 619, 627, 883, 889, 891
 Coburg 77
 Cornelimünster 206, 524, 859
 Cotta 121, 226, 426
 Creussen 77
 Cudowa 96, 275, 441
 Czernosek, Groß- 80

D.

Dahme 251, 253
 Dammelsberg 116, 789
 Darlington 256
 Daufenbach 97, 105
 Daun 488, 847
 Deal 256
 Debus 96, 106
 Deister 805
 Demitz 275
 Dettensee 787
 Deutmannsdorf 56, 97
 Deutsch-Altheim 97
 Dielkirchen 93, 97
 Diemarden 565
 Dieppe 251
 Diez 117, 887
 Dillenburg 488, 764, 841
 Dinant 96
 Dobrau 817
 Dollendorfer Hardt 96, 106
 Döhren 205, 779, 783
 Dörenberg 121, 226, 425
 Dorfteschen 619
 Dornberg 97
 Dornhan 76
 Dornhecke 96
 Dorste 554, 867
 Dortmund 205, 217, 375, 833
 Dossenheim 96
 Doubrava 80

Dramfeld 869
 Drammen 95, 107
 Düdelsheim 93
 Düngen, Groß- 829, 877
 Dürckheim 76
 Durham 256
 Durlach 76

E.

Ebelsbach 76
 Ebendorf 96
 Eberbach 275
 Ecaussinnes 563, 859
 Echternach 380, 829
 Ecole de Grand Juan 253
 Eggegebirge 556
 Eggeholz 96
 Ehringen 783
 Eichgraben 79
 Einsiedel 79
 Eisleben 97
 Elberfeld 206, 336, 602,
 835
 Elbingerode 157 Taf. IV
 Elbrich 555
 Eldena 253
 Ellrich 206, 217, 524, 553,
 560, 861
 Elmgebirge 235, 527, 560
 Elsaß 76, 94
 Elze 116, 374, 441, 805
 Emmerke 564
 England 606, 619, 895, 897,
 899
 Ennigerloh 879
 Essen 93
 Ettringen 767, 773
 Etzelberg 488, 839
 Eupen 206, 523, 857

F.

Fallersleben 526
 Fell 605, 619, 899
 Fels 105
 Felsburg 105
 Ferrand 251

Fichtelgebirge 92, 93, 320
 Finkenberg 96
 Fischbach 95, 205, 819
 Fischbrunn 77
 Fließen 97
 Flonheim 76
 Florenz 253
 Fonday 92
 Fornicher Kopf 744
 Fraize 93
 Framont 94
 Frankenberg 116, 789
 Frankenstein 379, 805
 Frauenberg 95
 Fredeburg 207, 219, 604,
 605, 889, 893, 895
 Fredelar 604, 893
 Frederikstad 25
 Fressilian 93
 Freyburg a. U. 558
 Friedeberg 194
 Friedersdorf 96, 122, 225
 Friedewald 801
 Friedrichstein 96, 105
 Friesack, Alt- 336
 Fritslar 117, 208, 745
 Fulda 670
 Fürstenstein 75
 Fürth 77, 203

G.

Gablitz 79, 80
 Galgenberg 95, 117, 712,
 714
 Gebweiler 93
 Gefrees 75, 96
 Gehnberg 378, 829
 Geismar 218, 783, 795
 Gelnhausen 96, 376, 785
 Gembloux 251
 Geppersdorf 195
 Gernsbach 92, 93
 Gerolstein 491, 523, 843
 Gerstungen 116, 799
 Gießen 744
 Gißelberg 97
 Gladenbach 603

Glan 97
 Glasgow 253
 Glatz 377
 Gmünd 194
 Goldberg 122, 123, 225,
 241, 265, 425, 809
 Göll 80
 Gommern 96
 Göppersdorf 95
 Görzig 95
 Goslar 207, 219, 376, 525,
 602, 603, 606, 619, 629,
 803, 865, 881, 883, 887,
 901
 Gotha 378, 384, 823, 827
 Gotthard, St. 75
 Göttingen 251, 559, 865
 Gräben 95
 Grasberg 122, 226, 425,
 795
 Grasstein 194
 Grendelbruch 94
 Grimma 95
 Grisignana 80
 Grochlitz 787
 Gröña 525
 Groß-Düngen 825, 877
 Groß-Czernosek 80
 Groß-Jungferstein 195
 Groß-Salze 823
 Groß-Wenden 526, 865
 Groß-Wilsenroth 93
 Grünten 75
 Grüssau 116, 205, 231, 383,
 450, 809
 Gunön 195

H.

Haan 381, 831
 Haardt, an der 120, 123,
 835
 Haarstrang 811
 Hahlgraben 218, 787
 Hainberg 525, 559, 865
 Hainholz 405
 Hall 76
 Halle 96, 117, 159 Taf. VI,
 663, 712, 714

Hälleforschult 55, 195
 Hallein 80
 Halmstadt 95
 Hambach 92
 Hammeren 95
 Hammerforstberg 524
 Hanau 273
 Hannover 374
 Hardheim 44, 45
 Harlyberg 117, 863
 Harpersdorf 813
 Harrl 809
 Hartenkopf 96
 Harz 17, 219, 501, 885, 887,
 889
 Häslicht 96
 Hassel 56
 Haugschlag 79
 Hausdorf 105
 Häusling 80
 Havixbeck 377, 447, 813
 Hauzenberg 75
 Haytor 663
 Heddesheim 205, 382, 451,
 803
 Heerbergsbruch 793
 Heigenbrücken 76
 Heiligenberg 97
 Heiligenstadt 218, 376,
 445, 785, 787
 Heimbach 847
 Heinsbach 95
 Heisterbach 96
 Hellenberg 526, 554, 867
 Helle Warte 117, 745
 Hellstein 106
 Helmetal 379, 797
 Herbede 93
 Herbeumont 891
 Herborn 841
 Herdecke 233, 336, 831, 833
 Herdringen 524, 859
 Herges-Vogtei 118, 670
 Hermannstein 764, 765
 Herrenleithe 97
 Herrenwald 56
 Hersbach 93
 Hersbruck 77

Hertwigswalde 687
 Herzberg 233, 841
 Herzogenrath 380, 837
 Hespertal 56, 93
 Hessen 76
 Heuscheuer 71, 105
 Hilders 382
 Hildesheim 793
 Hillesheim 382
 Hillmorton 256
 Hirschberg 15
 Hitteroe 155 Taf. II
 Höchberg 76
 Hochbohl 744
 Hochkirch 817
 Hochstätten 76
 Hochstetten 384
 Hockenau 116, 377, 809
 Hodritsch 663
 Hof 77
 Hoheberg 106
 Hoheleden 96
 Hohen-Saas 77
 Hoher Berg 218, 783, 795,
 863
 Hohkirch 383
 Holtensen 867
 Holungen 217, 869
 Holzberg 687, 688
 Holzhausen 605, 899
 Homberg 117, 746, 767,
 775
 Honnerte 605, 897
 Hořic 80
 Horn 120, 225, 384, 809,
 825
 Horst 96, 106
 Hörstel 97, 376, 807
 Hotteln 236, 526, 867, 873
 Hottensen 117, 217
 Hörter 781
 Huckberg 121, 226, 298,
 425
 Hückeswagen 336
 Hufvudsta 195
 Hullersen 527
 Hummelsberg 96
 Hundisburg 96, 845

Hundsheim 80
 Hunswinkel 96
 Hüpstedt 526, 561, 865
 Hüsten 859
 Hüttenrode 603, 619, 901

I.

Ibbenbüren 375, 831
 Ibërg 121, 226
 Ihrlerstein 77, 202
 Ilfeld 117, 708, 712, 714
 Ilsenburg 666
 Ilsenstein 667
 Immenstadt 75
 Insterberg 253
 Isenberg 93
 Island 265
 Isteheda 55, 195
 Iverness 256

J.

Jannowitz 118, 216, 667,
 670
 Jaumont 97, 566
 Joir, St. 56
 Jühnde 217, 525, 865
 Jungferndorf 194
 Jungfernstein, Groß- 195

K.

Kainachtal 194
 Kaiserslautern 76, 97
 Kaisersteinbruch 80, 81
 Kaiserstuhl 106
 Kalthaus 95
 Kaltenbach 94
 Kamenz 240, 687
 Kammerforstberg 117, 560,
 861
 Kanzenberg 843
 Kapfelberg 77
 Kappelrodecke 55
 Karlsruhe 76
 Kassel 767
 Kattenbühl 116, 217
 Kauffung 117, 523, 853

- Kehlheim 76, 77, 202
 Kemnath 93
 Kendal 256
 Kempten 75, 76
 Kiefersfelden 97
 Kinnertangen, Söndre 106
 Kirchenlamitz 75
 Kirchhain 218
 Kirchheim 94, 275, 783
 Kirchleithen, Ober- 97
 Kirn 93, 121, 226, 273,
 375, 819, 833
 Kirzheim 93
 Kissingen 77
 Kittlmühle 75
 Klaustal 492
 Kleft 205, 378, 823
 Kleine Schtücke 106
 Klein-Krosse 95
 Klein-Repen 80
 Klein-Wenden 526, 557,
 865
 Klein-Woltersdorf 686
 Klosterneuburg 80
 Klus, auf der 383, 807
 Koburg 77
 Kochem 490, 849
 Kocholz 80
 Koholz 194
 Kriskau 106
 Köln 93
 Königslutter 565, 875
 Königstein 77
 Kornberg 92
 Kottenheim 55, 96, 748
 Krappitz 216, 527, 873
 Kraßtal 194
 Kreiensen 382, 797
 Krensheim 275, 561
 Kreuzburg 77, 743
 Kreuznach 488, 709, 711,
 843
 Kronach 76, 77
 Krosse, Klein- 95
 Krumau 79
 Kudowa 96, 275, 441
 Kugelberg 93
 Kummersdorf 95
 Kunzendorf 216, 523, 551,
 853
 Kupferdreh 93
 Kutschen 253
- L.**
- Laacher See 728
 Laas 80, 117, 523, 550, 855
 Laatzten 96
 Laer 528, 568, 879
 Lage 827
 Lagiewnik, Ober- 606
 Lago Maggiore 79
 Lahnstein, Ober- 490
 Landeshut 446, 500, 845
 Landsberg 710, 714
 Landshut 203, 489, 815
 Landstuhl 56, 76
 Langenau 811
 Langenbrück 232, 234, 489,
 500, 845
 Langendorf 218, 375, 783
 Lauenberg 563, 873
 Lauersfort 253
 Lausitz 11
 Lauter 95
 Lauterbach 93
 Lehne, an der 116
 Lehnerz, auf dem 218, 787
 Lengbach, Alt- 79
 Lengefeld 527, 873
 Lennetal 490, 843
 Leßberg 699
 Letmathe 490, 843
 Leubach, Ober- 660, 747
 Leutersdorf 237, 492
 Leutnitz 97
 Lichtberg 793
 Lichtenau 77
 Liebfrauenberge 56
 Liège 96, 250
 Liepe 336
 Limberg 79, 106
 Limburg 106, 117, 216, 273,
 523, 855
 Limperich 96
 Lindebrunn 80
 Lindelbach 558
 Lindenstein 92, 93, 95
 Lindewiese, Ober- 80, 194
 Linxweiler, Ober- 819
 Linz 14, 26, 27, 96
 Lissingen 491
 Listertal 96
 Liverpool 251
 Löbejün 96
 Lohmen 97
 Lohrberg 55
 Lohstadt 77
 London 251, 256
 Looswitz 815
 Losignano 80
 Lothringen 76, 273
 Löwenberg 97, 116, 231,
 335, 377, 398, 444, 813
 Lünern 205, 445, 811
 Lüptitz, 95, 96
 Lüstringen 116, 376, 821
 Lutter am Barenberge 116,
 383, 805
 Luxemburg 604
 Lyon 251, 253
 Lysekiel 95, 106, 195
- M.**
- Måbergtua 156 Taf. III
 Madrid 251
 Maffersdorf 79
 Magdeburg 96, 378, 491,
 823, 847
 Mainhölle 13
 Maintal 379, 781, 791
 Marburg 793
 Marlborough 256
 Malmö 95
 Manchester 250, 251
 Mannersdorf 80
 Mariagrube 628
 Mariahilf 77
 Mariengarten 526, 869
 Marienhütte 253
 Mariental 92
 Marktbreit 77

Marlewig 205, 781
 Marseille 253
 Marzano 81
 Matwik 195
 Matwitz 95
 Maulbronn 384, 827
 Mauthhausen 75, 194
 Mayen 55, 96, 602, 603,
 619
 Medard 21, 97
 Meerholz 218, 448, 785
 Meisenheim 241
 Meißen 95, 96, 698
 Melibocus 92
 Melle 823
 Merseburg 382, 797, 799
 Meschede 491
 Messeler Wald 92
 Metten 75
 Mettlach 93
 Mettenbach 92
 Metz 93, 97
 Milseburg 106
 Miltenberg 71, 120, 121,
 123, 226, 273
 Mittelbronn 76
 Mittelwalde 811
 Molk 194
 Monostor 81
 Montois la Montagne 97,
 105
 Montsouris 251, 253
 Monzoni 663
 Moosch 94
 Morley 488
 Mosel 218, 606, 619, 628,
 885, 887, 899
 Mühlberg 95
 Mühlenbach 619
 Mühlhausen 251
 München 254
 Münden 56, 217, 805
 Müngsten 55
 Münnerstadt 77
 Münztal 97, 105
 Murgtal 76
 Mürtenbach 97, 116, 205,
 218, 373, 779

Murnau 76
 Musenberg 373
 Mutzig 97, 105

N.
 Nabburg 75, 92, 95
 Nabresina 80
 Nahetal 117, 709, 714
 Namering 95
 Nantes 253
 Nassau 604, 619, 631, 893
 Nauheim 406
 Naumburg 117, 744, 815
 Nebra 218, 226, 240, 241,
 298, 382, 799, 801
 Neheim 859
 Nenndorf 383, 807
 Nepomuk 194
 Nesselberg 97
 Nettetal 490, 849
 Neustenberg 619, 889
 Neubeuern 77
 Neuburg 77
 Neuburg, Kloster- 80
 Neudietendorf 382, 399,
 449, 527, 799, 871, 875
 Neudorf 265
 Neuhaus 75, 95, 687
 Neuheilenbach 96
 Neukirch 116, 376, 789
 Neumühle 787
 Neunburg 92
 Neuricht 77
 Neurod 273
 Neurode 96, 121, 123, 226,
 275, 381, 819
 Neustadt 93, 500, 845
 Neuwaltersdorf 97
 Newark 256
 Newent 256
 Neu-Weilnau 829
 Niclasdorf 95, 440, 688
 Niederbergheim 96
 Niedermendig 93, 734, 749
 Nienburg 527, 873
 Nimptsch 216, 670
 Nitterwitz 95

Nondorf 79
 Nonndorf 194
 Nordenau 117, 207, 219,
 601, 881
 Nordhausen 207, 379
 Norheim 384, 488, 821,
 843
 Northeim 867
 Nothalten 92
 Nottuln 56, 121, 218, 225,
 232, 380, 815
 Nürtingen 71
 Nuttlar 219, 602, 604, 619,
 627, 629, 885, 887, 893,
 895, 897

O.

Oberau 55, 195
 Oberbettingen 56
 Oberbrechen 273
 Oberelsaß 94
 Oberharz 501, 845
 Oberkammelohe 76
 Oberkassel 96
 Oberkirchleithen 97
 Ober-Lagiewnik 606
 Ober-Lahnstein 490
 Oberleubach 660, 747
 Ober-Lindewiese 80
 Ober-Linxweiler 819, 837
 Obermaintal 379, 447, 791
 Obernkirchen 116, 205,
 373, 374, 803
 Ober-Ramstadt 93
 Ober-Reiferscheid 488
 Oberrohn 105
 Oberrotweil 106
 Ober-Sulzbach 97
 Oerstreit 95
 Oese 524, 859
 Offenbach 93
 Ogley Hay 256
 Ölberg 96
 Olpe 603
 Olvenstedt 122, 123, 226,
 298, 426
 Orb 96, 106

Ortenberg 93
 Osnabrück 335, 869
 Osterberg 564
 Österr. Schlesien 606, 903
 Osterwald 71, 96, 105
 Oszlop 80
 Ottenhausen 384, 827
 Otterberg 93, 97, 105
 Ottrott 93
 Ottweiler 122, 225, 298,
 425, 819, 837

P.

Palermo 251
 Pallien 234, 525, 553, 863
 Pappenheim 77
 Paris 250, 251, 253
 Parsberg 77
 Parteznik 79
 Passau 75
 Pentelikon 105
 Pepper Harrow 256
 Percerad 169
 Perthois 207, 875
 Petersberg 96, 208, 712,
 714
 Pfalz 76, 273
 Pfalzeler Wald 116, 373,
 779
 Pfons 81
 Piesberg 96, 106
 Pirna 71, 199, 275
 Plagwitz 97
 Plaidt 96
 Plauen 660
 Plettenberg 843
 Plötzky 833
 Pogorzee 105
 Pohlwitz 106
 Pola 80, 81
 Polle 218, 376, 785, 795
 Polling 203
 Pont du Bas 94
 Pontelsberg 524, 555, 861
 Porta Westfalica 381, 803,
 829
 Pörtschach 194

Postelwitz 77, 218, 240,
 377, 811
 Požar 169
 Preßbaum 80
 Pretzien 96
 Primersdorf 80
 Prochlitz 218
 Proskau 253
 Proskowitz 96
 Prünn 552
 Pruppbach 77
 Puy de Dôme 251

Q.

Quedlinburg 56
 Quenast, St. 96

R.

Rackwitz 97
 Radantal 660
 Raeren 206, 523, 555, 855,
 857
 Rahmedetal 420, 849
 Rainberg 206, 524, 553, 861
 Ramberg 663, 667
 Rammelsbach 93
 Ramstadt, Ober- 93
 Randersacker 77, 557
 Raumland 602, 604, 605,
 619, 629, 889, 891, 895
 Ravensberg 374
 Recht 619
 Regenwalde 253
 Rehberg 77
 Rehbürg 807
 Reichenberg 663
 Reichenstein 107, 195
 Reifenscheid, Ober- 488
 Reinsdorf 106
 Reistenhausen 76
 Rekawinkel 79
 Remagen 492, 501, 851
 Remscheid 336
 Renfriezhausen 378, 825
 Rennholding 95
 Repen, Klein- 80

Repentabor 80
 Rheinau 203
 Rheinisches Schiefer-
 gebirge 602, 883, 885, 887
 Rheinland 93, 619, 855, 883
 Rheinpfalz 76
 Riedberg 92
 Rieden 767, 773
 Riesenbeck 97, 105, 121,
 226, 298, 335, 377, 813
 Rimbach 376, 445, 785
 Rimbachzell 93
 Rittershausen 117, 523, 857
 Rochlitz 376, 713, 714
 Röcknitz 106, 195
 Röddel, auf dem 526, 867
 Roden 93
 Rogowetz 79
 Roggersdorf 79
 Rohrdorf 77
 Rohrschwegen 93
 Röhrtal 218, 791
 Röllinghausen 116, 789
 Romstal 96
 Ronnenberg 97
 Rönsahl 96
 Ronsdorf 234, 489, 841
 Rorschach 76, 447
 Roschtin 80
 Rosenheim 77
 Roßberg 96
 Roßdorf 235, 528, 569, 879
 Roßtrappe 17
 Rostock 251
 Rotenburg 97
 Roter Berg 377
 Rothamstedt 253
 Rothenburg 205, 336, 381,
 819, 821
 Rothenkirchen 527
 Rotweil, Ober- 106
 Röversdorf 709
 Rüdersdorf 117, 217, 234,
 527, 559, 560, 869, 871
 Ruhr 442, 492, 843
 Ruhrtal 206, 835
 Rupbachtal 117, 219, 605,
 619, 626, 887

Rupsrot 106
 Ruß 92
 Rydultau 385, 837
 Rzeka 79

S.

- Saaletal 75
 Saalmünster 116
 Saalscheid 106
 Saarbrücken 93
 Saarbürg 604, 895
 Saargemünd 97
 Sachsen 76, 107, 605, 897
 Salzburg 80
 Salze, Groß- 823
 Salzufen 825
 Sandebeck 380, 825
 Sandershausen 116, 373, 781
 Sangerhausen 206, 524, 566, 863
 Sauer 801
 Sauerland 601, 602, 606, 619, 627, 883, 885, 895
 Säusenstein 194
 Savonnières 97, 528
 Saybusch 79
 Sayn 488, 847
 Schaftlach 76
 Schärding 92
 Schiffenberg 744
 Schiffweiler 97
 Schineck 94
 Schlegel 96, 121, 123, 275, 819
 Schlesien 106, 107
 Schlesien, Österr.- 606, 903
 Schlößchenkopf 524, 566, 863
 Schlüchtern 379
 Schmalkalden 122, 220, 795
 Schmallenberg 491, 851
 Schmalwassergrund 106
 Schmücke, Kleine 106
 Schneeberg 92
 Schömburg 446, 815
- Schönau 96, 714
 Schöningen 875
 Schönecken 206, 216, 523, 552, 855
 Schöppenstedt 217, 236, 525, 863
 Schreiberhau 158 Taf. V, 667
 Schröckerbrunnen 793
 Schurbach 93, 95
 Schwandorf 92
 Schwarzbach 15
 Schwarzberg 95
 Schwarzburg 105
 Schwarzenberg 96
 Schwarzwasser 79
 Schweinfurt 93
 Schweiz 76
 Schwelm 490, 491, 501, 849, 857
 Seebergen 378, 384, 823, 827
 Seehausen 378, 823
 Seesen 97
 Seffern 97
 Seidenroth 379, 448, 789
 Seitenberg 552
 Selb 75, 95
 Sheffield 256
 Siebengebirge 93, 96, 117, 208, 660, 726, 728, 746
 Siebental 233, 489
 Siegburg 451, 767, 768, 775
 Siegen 602, 619, 885
 Siegerland 491
 Sierk 93
 Silbach 117, 603, 889
 Silbental 841
 Simmerath 117, 219, 606, 619
 Sistig 96
 Skawče 79
 Skuč 79
 Soest 116, 121, 123, 205, 225, 377, 425, 446, 449, 811
 Sohlen 793
 Solhope 97
- Solling 121, 199, 218, 226, 373, 375, 425, 443, 781, 783, 873
 Solnhofen 265, 320
 Somreton 256
 Sommerein 80
 Sommerholz 787
 Söndre Kinnertangen 106
 Sonnenstein 217, 526, 869
 Spandau 336
 Spielberg 106
 Spitzberg 79
 Sprockhövel 831
 Sproitz 96, 106
 Stadtoldendorf 71, 97, 116, 199, 382, 449, 801
 Stangenwald 97, 105
 Staudernheim 56, 205, 380, 835
 Steele 96
 Stefano, St. 80
 Steinbach 106, 660, 744
 Steinberg 77, 92, 821
 Steinbergskopf 27
 Steineberg 75, 76
 Steinheim 273
 Steinkirche 96
 Steinkaute 116
 Steinstedt 218, 384, 827
 Stenzelberg 93, 238, 727, 729
 Sternö 95, 195
 Sterzing 80, 194
 Stilleryd 95, 195
 Stoppelsberg 745
 Straconka 79
 Strehla 95
 Strehlen 95, 118, 216, 237, 238, 668, 669, 670
 Streitberg 95
 Striegau 95, 96, 154 Taf. I, 663, 666, 670, 743
 Strieck 80
 Stroebel 195
 Stroitz 56
 Stromberg 528, 877
 Sucha 79

Sülfeld 117, 217, 236, 528,
875
Sulz 76, 94
Sulzbach 94, 97
Süntel 56
Synnada 105

T.

Tecklenburg 96, 335
Teschen 207, 660, 699, 903
Telsch 194
Temmels 863
Thame 256
Thann 94
Thomm 601, 619, 626, 881
Thumitz 95
Thüringen 885
Toulouse 253
Traisen 711, 714
Traversella 265
Trebcast 77
Trebtsch 194
Triberg 96
Trier 116, 122, 205, 207,
218, 234, 373, 779, 791,
863, 881
Trojak 169
Tromsö 195
Troppau 606, 619, 901, 902
Trübau 80
Trusental 118, 670
Tübingen 378, 823
Tullnerbach 79

U.

Überruhr 385, 835
Udelfangen 97, 524
Ueffeln 378, 829
Ungarschitz 80, 194
Untersberg 77, 80
Unterrißdorf 97
Unterweißenbrunn 93
Ursberg 56

V.

Velpke 96, 106, 205, 374,
442, 821, 875
Verneuge 663

Viel-Salm 619
Vienenburg 525, 863
Vilbel 205, 817
Vilshofen 92
Vincural 81
Vitzenburg 105
Vogelsberg 740
Vojič 80
Völklinshofen 56

W.

Wabern 604
Wackenbach 94
Wahnitz 95
Waidbruck 79
Waidhofen 79
Waldhausen 77
Waldulm 195
Walheim 859
Walldüre 97
Wangenscher Grund 97
Wanzleben 232, 382, 526,
793
Warberg 55, 195
Warkton 256
Warte, helle 117, 745
Warthau 380, 817
Warthau, Alt- 56, 97, 116,
120, 225, 815
Washington 250
Wasselnheim 97
Wasserliesch 205, 218, 373,
779
Wattweiler 93
Watzenhahn 96, 106
Weende 251
Weferlingen 779, 783
Wehrsdorf 96
Weibern 117, 208, 767, 772
Weiden 95
Weidenau 95
Weigelshausen 76
Weilna, Neu- 829
Weimar 527
Weinberg 216, 670
Weinheim 106
Weißenberg 489, 841
Weißenbrunn, Unter- 93

Weißenfels 207, 399, 449,
527, 799, 871, 875
Weißtrops 55
Wekernum 95
Weldergoven 233, 492,
501, 843
Welschhufe 77
Wendel, St. 93
Wenden 217, 236, 526,
557, 865
Werden 93
Werl 205, 377, 445, 813
Wernsdorf 79
Werratal 230, 379, 793
Wertheim 76
Wesseln 793
Westerberg 869
Westerburg 527, 554, 739
Westhofen 93, 122, 425
Wetter 93, 226, 298
Wetzlar 404, 763
Whittlesey 256
Wiesbaden 92, 251, 273
Wiesen 79
Wildungen 604, 619, 891
Willenberg 709, 714
Willmenrod 96
Willscheiderberg 14, 26
Wilsenroth, Grube 93
Wiltingen 605, 631, 899
Windesheim 382, 451, 803
Windsor 256
Windstein 92
Wingen 97, 105
Wingertal 56
Winterberg 889
Wipperfürth 374
Wirlberg 96
Wisch 94
Wolfhagen 105
Wolkenburg 93, 729
Wöllersdorf 80, 81
Wolsdorf 117, 767, 768,
775
Woltersdorf, Klein- 686
Wünschelburg 43, 56, 97,
105, 120, 225, 425, 809

Wunsiedel 75, 92
 Württemberg 76
 Würzburg 76, 94
 Wurzen 660, 711
 Wutschenberg 105

Z.

Zabern 76, 97
 Zadel 95
 Zeil 202
 Zeitlhof 92

Zell 202
 Zellerfeld 845
 Ziegenhals 440, 688
 Zobten 118, 238, 668, 670
 Zwingenberg 95

Druckfehlerberichtigungen.

| | | | | |
|-------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Seite | 56 | Zeile 8 v. o. | statt Notfuln | lies Nottuln. |
| " | 80 | " 7 " | " Cetechowic | " Četechowitz. |
| " | 96 | " 3 " | " Billstein | " Bilstein. |
| " | 96 | " 13 " u. | " Piesberg (Westfalen) | " Piesberg (Hannover). |
| " | 97 | " 10 " | " Dielskirchen | " Dielkirchen. |
| " | 117 | Nr. 24 | statt Kauffungen | lies Kauffung. |
| " | 117 | " 39 " | Ruppachtal | " Ruppachtal. |
| " | 130 | Anmerkung ist Bd. II zu streichen. | | |
| " | 195 | Zeile 12 v. o. | statt Sterno | lies Sternö. |
| " | 202 | " 3 " u. | " Ihrlenstein | " Ihrlerstein. |
| " | 205 | Nr. 4 | statt Dören | " Döhren. |
| " | 205 | " 10 " | " Lünnern | " Lünern. |
| " | 217 | " " | Sonnenschein | " Sonnenstein. |
| " | 218 | " " | Ballhorn | " Balhorn. |
| " | 219 | " " | Ruppachtal | " Ruppachtal. |
| " | 226 | " " | Iburg | " Iberg. |
| " | 227 | Zeile 18 v. u. | statt S. 229 | " S. 228. |
| " | 233 | Nr. 11 | statt Weldesgowen | " Weldergowen. |
| " | 320 | " 1 " | Solenhofen | " Solnhofen. |
| " | 378 | " 136 " | Seeberge | " Seebergen. |
| " | 378 | " 142 " | Renfrizhausen | " Renfriezhausen. |
| " | 379 | " 29 " | Schlüchten | " Schlüchtern. |
| " | 384 | " 141 " | Horn bei Lippe | " Horn in Lippe. |
| " | 425 | Zeile 15 v. u. | statt F ₁ | " F ₃ und statt F ₃ lies F ₁ . |
| " | 447 | statt Rohrschach | | " Rorschach. |
| " | 488 | Nr. 1 | statt Etzelburg | " Etzelberg. |
| " | 499 | Zeile 9 v. u. | statt Abs. 000 S. 000 | " Abs. 537—543 S. 434 u. f. |
| " | 523 | Nr. 3 | statt Kauffungen | " Kauffung. |
| " | 523 | " 6 " | Schöneken | " Schönecken. |
| " | 524 | " 26 " | Beesenlaubingen | " Beesenlaubingen. |
| " | 524 | " 27 " | " | " |
| " | 605 | " 58 " | Honerte | " Honnerte. |
| " | 780 | den Erläuterungen ist hinzuzufügen: Q Qualitätsziffer, Qr desgl. reduziert nach Abs. 477, 1 bis 3. | | |
| " | 800 | Nr. 55 | statt Q = 4,89 | lies Q = 5,15. |
| " | 808 | " 87 " | " = 1,94 | " " = 1,82. |
| " | 812 | " 100 " | " = 1,68 | " " = 1,50. |
| " | 824 | " 133 " | " = 1,20 | " " = 1,02. |
| " | 834 | " 158 " | " = 1,32 | " " = 1,24. |

S - 96

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297327