

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

~~15199~~<sup>29</sup>



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298671



*Lc*

*Wp/2*



III 15199

HAMBURG

THE  
HAMBURG  
HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG  
HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG

HAMBURG



HANDBUCH  
DER  
INGENIEURWISSENSCHAFTEN

in fünf Teilen

---

**Vierter Teil**  
**Die Baumaschinen**

Herausgegeben

von

**F. Lincke**

*3 Abt. Kap. XI - XIV*

Vierter Band

Zweite, neu bearbeitete und vermehrte Auflage

---

**Leipzig**

Verlag von Wilhelm Engelmann

1911

# DIE BAUMASCHINEN

IV. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften

Vierter Band

Vorkommen, Beschaffenheit und Gewinnung von Bausteinen.  
Werkzeuge und Maschinen zur Bearbeitung von Bausteinen.  
Maschinen für Mörtel- und Betonbereitung.

Bearbeitet von

**A. Steuer und L. v. Roessler**

Herausgegeben

von

**F. Lincke**

Geheimer Baurat, Professor i. P. in Darmstadt

Zweite, neu bearbeitete und vermehrte Auflage

Mit 264 Textfiguren und vollständigem Sachregister

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1911

W 1/2



III- 306352

*Alle Rechte, insbesondere das Recht der Übersetzung,  
sind vorbehalten.*

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

~~III-15199~~

Akc. Nr.

~~76A-50~~

BPX-0-277/2017



## Vorwort zur zweiten Auflage.

---

Bei der Vorbereitung der 2. Auflage des Handbuchs der Baumaschinen bot sich die willkommene Gelegenheit, die zweckverwandten Kapitel XI und XV der 1. Auflage in dem vorliegenden Bande vereinigt neu zu behandeln. Diese Aufgabe ist von Herrn Prof. L. v. Roessler an Stelle der verhinderten früheren Mitarbeiter, des Herrn Technologen F. Polak und des Herrn Geh. Baurats Prof. Dr.-Ing. E. Sonne, durchgeführt worden. Die neueren Fortschritte im Gebiete der Werkzeuge und Maschinen zur Bearbeitung von Bausteinen, dann der Maschinen für Mörtel- und Betonbereitung haben hier ihre Beachtung gefunden.

Sehr wesentlich ist die Voranstellung des von Herrn Bergrat Professor Dr. A. Steuer bearbeiteten Kapitels über Vorkommen, Beschaffenheit und Gewinnung von Bausteinen, wodurch den mannigfachen praktischen Fragen in der Gewinnung, Bearbeitung und Verwendung von Bausteinen eine umfassende, sachliche Grundlage geboten wird.

Nachdem ich, durch Gesundheitsrücksichten veranlasst, mein Lehramt an der hiesigen Hochschule Ende März d. Js. beendet habe, schließe ich mit der Vollendung dieses Bandes auch meine Tätigkeit als Herausgeber des Handbuchs der Baumaschinen ab. Erfreulicherweise konnte von der erforderlich gewordenen dritten Auflage des Handbuchs der Baumaschinen bereits der erste Band durch Herrn Prof. H. Weihe, den wissenschaftlichen Vertreter des Fachgebietes der Baumaschinen an der Technischen Hochschule in Charlottenburg, herausgegeben werden. Auch ist die neue Auflage des zweiten Bandes in Vorbereitung.

Schließlich danke ich allen Mitarbeitern und den Vertretern der Verlagsfirma Wilhelm Engelmann, sowie auch der Buchdruckerei von Rud. Bechtold & Comp. für die bei der Durchführung der gemeinsamen Aufgaben freundlich gewährte Unterstützung, die in der Weiterentwicklung des Handbuchs der Baumaschinen ihre beste Anerkennung gefunden hat, und entbiete ihnen allen meinen herzlichen Scheidegruß.

Darmstadt, im Juli 1911.

**F. Lincke.**

# Handbuch der Baumaschinen.

Übersicht des Inhaltes der sämtlichen Bände.

## ✓ **Erster Band.**

*In 3. Auflage herausgegeben von Weihe.*

**Einleitung.** Von F. Lincke, Geh. Baurat, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt, für die dritte Auflage ergänzt von H. Weihe, Professor an der Technischen Hochschule in Berlin.

- ✓ I. **Baggermaschinen.** Von H. Weihe, Professor an der Technischen Hochschule in Berlin.
- ✓ II. **Rammen und zugehörige Hilfsmaschinen.** Von H. Weihe, Professor an der Technischen Hochschule in Berlin.
- ✓ III. **Wasserhebemaschinen.** Von O. Berndt, Geh. Baurat, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt.

## ✓ **Zweiter Band.**

*3. Auflage in Vorbereitung.*

- ✓ IV. **Vorrichtungen und Maschinen zur Herstellung von Tiefbohrlöchern.** Von A. Schwemann, Professor an der Technischen Hochschule in Aachen.
- ✓ V. **Das Abbohren von Schächten.** Von O. Stegemann, Professor an der Technischen Hochschule in Aachen.
- ✓ VI. **Gesteinsbohrmaschinen.** Von W. Schulz (†), weiland Professor an der Technischen Hochschule in Aachen.
- ✓ VII. **Schräm- und Schlitzmaschinen. Tunnelbohr- und Treibmaschinen.** Von Berginspektor Mellis in Saarbrücken.
- VIII. **Die elektrische Minenzündung.** Von K. Zickler, Professor an der Technischen Hochschule in Brünn.

## ✓ **Dritter Band.**

*2. Auflage herausgegeben von Lincke.*

- IX. **Lasthebemaschinen.** In 3 Abschnitten bearbeitet von F. Lincke, Geh. Baurat, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt, Dr.-Ing. G. W. Koehler, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt, und O. Denecke, Professor an der Technischen Hochschule in Braunschweig.
- X. **Elektrischer Antrieb von Lasthebemaschinen.** Von Cl. Feldmann, Professor an der Technischen Hochschule in Delft, und J. Herzog, Diplomingenieur in Budapest.

- ✓ XI. **Maschinelle Hilfsmittel für die Beförderung von Massengütern.** Von O. Berndt, Geh. Baurat, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt.
- XII. **Maschinelle Hilfsmittel und Rüstungen für Hoch- und Brückenbauten.** Von L. von Willmann, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt.
- XIII. **Tauchen und Hebungsarbeiten unter Wasser.** Von Dr.-Ing. L. Hotopp, Professor an der Technischen Hochschule in Hannover.

✓ **Vierter Band.** *2. Aufl.*  
 2. Auflage herausgegeben von Lincke.

- XIV. **Vorkommen, Beschaffenheit und Gewinnung von Bausteinen.** Von Bergrat Prof. Dr. A. Steuer, Großh. Landesgeologe und Privatdozent an der Technischen Hochschule in Darmstadt.
- XV. **Werkzeuge und Maschinen zur Bearbeitung von Bausteinen.** Von L. von Roessler, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt.
- XVI. **Maschinen für Mörtel- und Betonbereitung.** Von L. von Roessler, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt.

**Anhang.**

**Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung.** Von M. Rudeloff, Geheimer Regierungsrat und Professor.

# Inhalts-Verzeichnis.

## XIV. Kapitel.

### Vorkommen, Beschaffenheit und Gewinnung von Bausteinen.

Bearbeitet von Prof. Dr. A. Steuer, Bergrat, Großh. Landesgeologen und Privatdozenten an der Technischen Hochschule in Darmstadt.

(Mit 48 Textfiguren.)

	Seite
Einleitung . . . . .	1
<b>I. Allgemeiner Teil.</b>	
§ 1. Was ist ein Gestein? . . . . .	4
§ 2. Die mineralogische Zusammensetzung der Gesteine . . . . .	5
§ 3. Die petrographische Untersuchung der Gesteine und ihre Benennung . . . . .	10
§ 4. Die Struktur der Gesteine . . . . .	13
§ 5. Einwirkung der Gebirgsstörungen auf die Lagerungsverhältnisse und Struktur der Gesteine . . . . .	21
§ 6. Die Absonderung der Eruptivgesteine und ihre Teilbarkeit . . . . .	27
§ 7. Das Vorkommen von Versteinerungen . . . . .	28
§ 8. Die Verwitterung und Zersetzung der Gesteine . . . . .	29
<b>II. Beschreibung der wichtigsten natürlichen Gesteine, die für Bauzwecke verwendet werden.</b>	
§ 9. Die Eruptivgesteine . . . . .	32
a) Die Orthoklasgesteine . . . . .	36
Der Granit. S. 36. — Der Granulit. S. 42. — Quarzporphyr und Liparit (Quarztrachyt). S. 43. — Der Syenit. S. 44. — Quarzfreier Porphyry und Trachyt. S. 45.	
b) Die Natronorthoklasgesteine . . . . .	47
c) Die Plagioklasgesteine . . . . .	48
Quarzdiorit und Diorit. S. 48. — Porphyrit und Andesit. S. 49. — Gabbro. S. 50. — Peridotit und Serpentin. S. 51. — Diabas, Melaphyr, Basalt und deren Trappgesteine. S. 51. — Diabas. S. 52. — Melaphyr. S. 54. — Trappbasalt und Basalte. S. 55.	
§ 10. Die Sedimentgesteine . . . . .	59
a) Die mechanischen Sedimente, Trümmergesteine, klastische Gesteine . . . . .	59
1. Lose Gesteine . . . . .	59
Gerölle, Kies, Sand. S. 59. — Die Tone. S. 63. — Der Mergel. S. 64.	
2. Feste Gesteine . . . . .	65
Sandsteine. S. 66. — Tonschiefer. S. 69.	
b) Die chemischen oder Ausscheidungssedimente . . . . .	70
c) Die organogenen Sedimente . . . . .	71
Die Kalksteine. S. 72. — Marmor. S. 76. — Dolomit. S. 77.	
§ 11. Die kristallinen Schiefergesteine . . . . .	77
Gneis. S. 78. — Glimmerschiefer. S. 79. — Chloritschiefer, Talkschiefer. S. 79. — Phyllit. S. 79. — Die Kontaktgesteine. S. 79.	
<b>III. Die technische Untersuchung der Gesteine.</b>	
§ 12. Technisch wichtige Eigenschaften der Gesteine . . . . .	80

<b>IV. Aufsuchen und Gewinnung von Gesteinen in Steinbrüchen.</b>		Seite
§ 13.	Allgemeines . . . . .	88
§ 14.	Der Abraum . . . . .	90
§ 15.	Strossenbau . . . . .	92
§ 16.	Unterhöhlungsbau . . . . .	96
§ 17.	Der Trichterbau . . . . .	99
§ 18.	Der Betrieb von Gräbereien . . . . .	100

## XV. Kapitel.

**Werkzeuge und Maschinen zur Bearbeitung von Bausteinen.**

Bearbeitet von L. von Roessler, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt.

(Mit 144 Textfiguren.)

Einleitung . . . . .	102	
<b>I. Zerteilen der Steine.</b>		
§ 1.	Zerteilen durch Spalten, Zerschroten, Abbohren, Sägen . . . . .	103
§ 2.	Allgemeines über Steinsägen . . . . .	104
§ 3.	Wirkungsweise der Steinsägen . . . . .	106
§ 4.	Einteilung der Sägen . . . . .	107
§ 5.	Seilsägen . . . . .	108
§ 6.	Gattersägen . . . . .	110
§ 7.	Sägeblätter für Gattersägen . . . . .	112
§ 8.	Aufhängung und Bewegung der Gattersägerahmen . . . . .	113
§ 9.	Ausführungsbeispiele von Gattersägen . . . . .	115
§ 10.	Leistungen und Kraftverbrauch der Gattersägen . . . . .	118
§ 11.	Steifsägen, gezahnte Kreissägen, Diamantkreissägen, Karborundsägen . . . . .	119
<b>II. Das Abrichten der Bausteine.</b>		
§ 12.	Allgemeines über das Abrichten der Steine . . . . .	120
§ 13.	Abrichten von Hand . . . . .	122
§ 14.	Abrichten mit Maschinen. Pressluftwerkzeuge . . . . .	125
§ 15.	Drehbänke . . . . .	127
§ 16.	Hobelmaschinen . . . . .	129
§ 17.	Bohrmaschinen . . . . .	131
<b>III. Das Schleifen und Polieren.</b>		
§ 18.	Allgemeines über das Schleifen der Steine. Schleifmittel. Werkzeuge zum Handschleifen . . . . .	133
§ 19.	Schleifen mit Maschinen . . . . .	135
	Schurscheiben. S. 135. — Plattenschleifmaschinen. S. 137. — Auslegerschleifmaschinen. S. 139. — Schleifmaschinen mit Karborundscheiben. S. 140.	
§ 20.	Zugschleifmaschinen . . . . .	141
§ 21.	Das Polieren der Steine . . . . .	142
§ 22.	Besondere Behandlungsverfahren. Erhöhen der Wetterbeständigkeit, Vergolden, Ätzen u. s. w. Sandstrahlapparate . . . . .	143
§ 23.	Bearbeitung von Kunststeinen . . . . .	146
<b>IV. Zerteilen der Steine zu Pflastersteinen und Schotter.</b>		
§ 24.	Herstellung der Pflastersteine . . . . .	147
§ 25.	Steinspaltmaschinen . . . . .	149
§ 26.	Herstellung des Kleinschlages von Hand . . . . .	150
§ 27.	Steinbrechmaschinen . . . . .	151
§ 28.	Sortierung des Kleinschlages . . . . .	154
§ 29.	Steinbrechanlagen . . . . .	156
<b>Litteratur.</b>		
Selbständige Werke. . . . .	157	
Aufsätze in Zeitschriften . . . . .	158	

XVI. Kapitel.

**Maschinen für Mörtel- und Betonbereitung.**

Bearbeitet von L. von Roessler, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt.

(Mit 72 Textfiguren.)

	Seite
§ 1. Zweck der Mischmaschinen für Mörtel und Beton . . . . .	159
§ 2. Entwicklung der Mörtel- und Betonmischmaschinen . . . . .	159
§ 3. Einteilung der Mörtel- und Betonmischmaschinen . . . . .	160
§ 4. Erste Hauptklasse: Maschinen, welche unter alleinigem Einfluss der Schwerkraft mischen	160
a) Trommelmischmaschinen . . . . .	160
b) Maschinen mit Sturzkasten . . . . .	162
c) Kugelmischmaschinen . . . . .	163
d) Fallwerke . . . . .	163
§ 5. Zweite Hauptklasse: Maschinen mit zwangsläufig durch das Mischgut bewegten Arbeitsorganen	164
a) Maschinen für fortlaufendes Mischen . . . . .	164
b) Maschinen mit absatzweiser Mischung . . . . .	165
§ 6. Dritte Hauptklasse: Mischmaschinen mit zwangsläufig über das Mischgut geführten Walzen und Rädern . . . . .	166
§ 7. Anwendungsgebiet der verschiedenen Bauarten . . . . .	167
§ 8. Zuführung des Mischgutes . . . . .	167
§ 9. Wasserzugabe . . . . .	170
§ 10. Vorfüllkästen . . . . .	171
§ 11. Hebevorrichtungen für das Mischgut . . . . .	172
§ 12. Entleeren der Maschinen mit absatzweiser Mischung . . . . .	173
§ 13. Allgemeine Anforderungen . . . . .	176
§ 14. Ausführungsbeispiele für Trommelmischmaschinen . . . . .	177
§ 15. Beispiele für Mischmaschinen mit Sturzkasten . . . . .	180
§ 16. Beispiel für Kugelmischmaschinen . . . . .	181
§ 17. Beispiele von Fallwerken . . . . .	182
§ 18. Beispiele von Maschinen mit zwangsweiser Mischung . . . . .	184
§ 19. Hand- oder Maschinenmischung? . . . . .	186
§ 20. Anordnung größerer Mischanlagen. Beispiele . . . . .	186
§ 21. Hilfsmaschinen . . . . .	190
a) Waschmaschinen für Sand und Kies . . . . .	190
b) Sortiermaschinen . . . . .	192
<b>Litteratur</b> . . . . .	193
 <b>Sachregister für Kapitel XIV und XV u. XVI</b> . . . . .	195





## XIV. Kapitel.

# Vorkommen, Beschaffenheit und Gewinnung von Bausteinen.

Bearbeitet von

**Prof. Dr. A. Steuer,**

Bergrat, Großherzogl. Landesgeologen und Privatdozenten an der Techn. Hochschule in Darmstadt.

(Mit 48 Textfiguren.)

**Einleitung.** Wenn man die Methoden und Maschinen kennen lernen will, mit denen die natürlichen Bausteine gewonnen und bearbeitet werden, so ist es unbedingt notwendig, dass man vorerst die Gesteine selbst, auf die jene angewendet werden sollen, genauer betrachtet und ihre Zusammensetzung, ihre Struktur und die Art ihres Vorkommens in der Natur zu ergründen sucht. Zur Anleitung und Einführung in solche Arbeiten ist auf den folgenden Blättern eine geologisch-petrographische Beschreibung der natürlichen Bausteine gegeben worden. Es sollte damit nicht ein neues Lehrbuch der Petrographie geschaffen werden, aber auch kein solches der Baumaterialienkunde. Vielmehr ist es meine Absicht, den jungen Ingenieur, Architekten und den Steinbruchstechniker soweit in die moderne, wissenschaftliche Gesteinskunde, im wesentlichen unter Beschränkung auf die Gesteine, die als Bausteine in größerem Umfange in Betracht kommen, einzuführen, dass er sich selbst ein Urteil über die verwendeten Materialien bilden kann, zum wenigsten, dass er die Auskünfte, die ihm durch Materialprüfungsämter, Geologen oder andere Fachleute zukommen, verstehen, nach ihrem Wert beurteilen und richtig verwerten lernt.

In diesem Sinne ist die Darstellung des Stoffes nach der wissenschaftlichen petrographischen Seite etwas mehr vertieft worden, als es bisher in technischen Lehrbüchern, die sich notgedrungen mit der Gesteinskunde beschäftigen, üblich war. Ich hoffe aber trotzdem, dass mir eine allgemein verständliche Darstellung gelungen ist, wenigstens für denjenigen, der auch von dem allgemeinen Teil Kenntnis nimmt und nicht nur die spezielle Beschreibung des einen oder anderen Gesteins liest, das ihn gerade interessiert.

Es ist bedauerlich, dass bei der wissenschaftlichen Erziehung unserer Bauingenieure, besonders aber der Architekten, der Gesteinskunde vielfach nicht die Wichtigkeit beigelegt wird, die im Interesse der Sache wünschenswert wäre, da doch schließlich eine genaue Kenntnis des Baumaterials eine grundlegende Forderung für seine Verwendung ist. Man hält es im allgemeinen in der Praxis für genügend, wenn ein Materialprüfungsamt sein Urteil über Druckfestigkeit, Wetterbeständigkeit u. a. ab-

gegeben hat. Damit ist aber das Wesen eines Gesteins noch längst nicht festgestellt; das kann erst erreicht werden, wenn gleichzeitig mit der technischen auch die mikroskopisch-petrographische und in vielen Fällen auch noch die örtliche geologische Untersuchung über das Vorkommen des Gesteins zu Rate gezogen werden. Die Prüfung einiger weniger Stücke, die guten Schichten und Lagen eines Steinbruchs entnommen sein können, geben dem Bauausführenden noch lange keine Gewähr, dass aus dem betreffenden Steinbruche wirklich nur gutes Material geliefert werden kann. Die Gleichmäßigkeit in der geologisch-petrographischen Ausbildung des Gesteins an der Abbaustelle ist das Wesentliche, auf das man bei der Bestellung großer Lieferungen zu achten hat, wenn einmal nach den Prüfungen im Laboratorium seine Brauchbarkeit für Bauzwecke festgestellt ist. Eine genaue Kenntnis der Gesteine seitens der bauausführenden Ingenieure und Architekten ist aber auch im Interesse der heimischen Industrie nötig. Gerade die deutschen Gebirge besitzen eine außerordentliche Mannigfaltigkeit an Gesteinen, die sich vortrefflich für die verschiedensten Bauzwecke eignen. Trotzdem werden viele nicht verwendet oder lassen sich außerordentlich schwer einführen, weil sie in der Praxis bisher nicht bekannt waren. Man verwendet lieber ein teures ausländisches Gestein, dessen Name und Zusammensetzung scheinbar bekannt sind, als dass man mit einem einheimischen, gleich guten oder sogar noch besseren Material baut, das eigentlich nur den Nachteil hat, dass sein Name bisher in der Praxis nicht geläufig war. Es ist ein großer und leider in der Praxis nur allzu verbreiteter Irrtum, nach dem man glaubt, dass gewisse ausländische Gesteine, namentlich Granite, besser seien als die deutschen. Wir haben in den deutschen Gebirgen genau so gute Granite wie in Schweden und sonstwo. Aber noch mehr! Es muss z. B. nicht alles mit Granit gepflastert sein! Wir haben eine Fülle von Dioriten und Quarzdioriten, Gabbros, Syeniten und ferner von Quarzporphyren, Porphyriten und Quarzporphyriten und vor allem auch von Grauwacken, die Granit durchaus zu ersetzen geeignet sind, und in Fällen, wo nicht gerade ein körniges Gestein verwendet werden muss, sind vortreffliche Basalte und Melaphyre in Deutschland in Menge anstehend und bauwürdig, und dass sich von solchen die guten Arten bewähren, ist doch durch Erfahrung hinlänglich festgestellt.

Am wenigsten macht sich im allgemeinen der Hochbau die Verschiedenartigkeit und auch Schönheit vieler einheimischen Gesteine zunutze. Gegenüber der Menge des Vorhandenen herrscht fast eine Armut des Verwendeten. Mit dem wirtschaftlichen Aufschwung, mit der Zunahme des Wohlstandes nimmt auch die Freude am Schönen zu und das Wichtigste ist, dass vom Bauherrn heute auch die Mittel gern zur Verfügung gestellt werden, das Schöne auszuführen. Da scheint es nun fast, als wenn man in Mitteldeutschland in neuester Zeit monumentale Gebäude nur noch aus Mainmuschelkalk bauen könnte! Und doch haben wir sedimentäre und eruptive Gesteine und mancherorts Tuffe von letzteren in Hülle und Fülle, die gewiss ebenso farbenschön und mächtig wirken, wenn sich auch die sogenannte „Patina“ erst später einstellt.

Für die Innenausschmückung, für geschliffene und polierte Platten und Säulen im Prachtbau, wie für Grabdenkmäler u. s. w. fordert man im allgemeinen — nur bei körnigen und dichten Kalksteinen, die Politur annehmen und unter dem Namen „farbige Marmore“ laufen, nicht — ein gleichmäßiges Gefüge. Gänge und Adern sind verpönt. Aber sie sind trotzdem in vielen Fällen geradezu schön und geben dem Gestein ein reichlich feineres und edleres Aussehen, als die Adern es bei vielen Kalksteinen hervorzubringen vermögen. Solche Gesteine sind nun außerdem noch interessant,

denn sie erzählen die Geschichte ihrer Entstehung und von den Vorgängen, die sich in den Tiefen der Erde abspielten. Bei solchen Materialien ist es also die fehlende Kenntnis, die das Schöne nicht finden lässt. Ist aber einmal das Interesse geweckt, so wird mit ihm auch der Geschmack kommen. Manche unserer Gebirge, namentlich der bayrische Wald, sind reich an solch interessanten und schönen Gesteinen. Man kennt sie nicht, darum werden sie nicht gebrochen und verwertet, nur die Gesteinskundigen wissen Bescheid und in den Museen schaut mancher bewundernd derartige schön hergerichtete Schaustücke an und wagt gar nicht daran zu denken, ob es wohl mehr solcher Gesteine gibt, dass man sie in der Architektur zum Schmuck gebrauchen könnte. Es mag mit diesen Hinweisen angedeutet sein, dass ein gewisses eingehenderes Studium der Gesteinskunde sehr wohl belebend auch auf die Baukunst einwirken könnte. So wie der Bildhauer reist und nach edelstem Gestein sucht, aus dem er sein Kunstwerk gestalten will, könnte auch der Architektorkünstler seine Wirkung durch feines Material in höherem Maße erzielen.

Will man in das Wesen der Gesteinskunde eindringen, so genügt es nicht, sich allein mit der äußerlichen Beschreibung der Gesteine vertraut zu machen. Man muss, um den Zusammenhang und die Übergänge zwischen den verschiedenen Typen zu verstehen, die chemische und die von dieser bis zu einem gewissen Grade abhängige mineralogische Zusammensetzung, wie sie mit Sicherheit erst unter dem Mikroskop festgestellt werden kann, zu Hilfe nehmen, und endlich muss auch das Studium der Art des geologischen Auftretens und der Entstehung eingeschlossen werden. Es ist dazu keineswegs notwendig, dass Ingenieur und Architekt zum wissenschaftlichen Petrographen oder Geologen werden, der etwa selbständig arbeiten sollte. Eine genügende Einsicht und Übersicht über die Gesteinskunde soll er sich nur aneignen, und die ist nach den vorhandenen Einrichtungen an unseren Hochschulen unter Anleitung durch den Lehrer durchaus zu erreichen, nur tut es nicht allein das Hören einer Vorlesung, diese muss vielmehr durch praktische Anschauung in den Übungen ergänzt werden.

Die im folgenden gegebene Darstellung der Gesteine geht überall von der Art der Entstehung und bei den Eruptivgesteinen außerdem von der chemischen Zusammensetzung aus. Es sei erwähnt, dass der Wert der letzteren zuerst von Justus Roth in umfangreichen Arbeiten dargestellt wurde. Auf dieser Basis forschte dann in erster Reihe Rosenbusch weiter, dem eine große Zahl jüngerer Petrographen gefolgt ist.

Für denjenigen, der in wissenschaftlichen und praktischen Werken mancherlei nachschlagen und nachlesen will, seien im folgenden einige genannt, die außer Spezialarbeiten auch von mir bei Abfassung des vorliegenden Kapitels benutzt worden sind.

#### Für Minerale:

- Naumann-Zirkel, Elemente der Mineralogie. Leipzig (W. Engelmann).  
G. Tschermak, Lehrbuch der Mineralogie. Wien (Hölder).

#### Für Gesteine:

- F. Zirkel, Lehrbuch der Petrographie. 3 Bde. Leipzig (Engelmann).  
H. Rosenbusch und E. A. Wülfing, Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. Stuttgart (Schweizerbart).  
H. Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine. Stuttgart (Schweizerbart).  
F. Rinne, Praktische Gesteinskunde. Hannover (Jänecke).  
E. Weinschenk, Grundzüge der Gesteinskunde. Freiburg i. B. (Herder).  
O. Herrmann, Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie. Berlin (Bornträger).  
R. Reinisch, Petrographisches Praktikum. Berlin (Bornträger).  
M. Förster, Baumaterialienkunde. Heft I. Die natürlichen Gesteine. Leipzig (Engelmann).

Für Geologie:

E. Kayser, Lehrbuch der Geologie. Stuttgart (Enke).

H. Credner, Elemente der Geologie. Leipzig (Engelmann).

Die beiden letzten Abschnitte der vorliegenden petrographischen Einführung sind nur kurz behandelt; sie betreffen die technischen Eigenschaften der Gesteine und die Gewinnung im Bruch. Sie sollen nur eine Übersicht geben, da der Stoff zum Teil in anderen Abschnitten des „Handbuches der Ingenieurwissenschaften“ ausführlich dargestellt wird oder schon ist. Sollte es sich als wünschenswert herausstellen, so soll bei einer eventuellen späteren Auflage eine Erweiterung erfolgen.

Endlich ist es mir eine angenehme Pflicht, denen, die mich bei meiner Arbeit unterstützt haben, meinen aufrichtigen Dank auszusprechen. Das sind meine beiden Kollegen Herr Bergrat Prof. Dr. G. Klemm und Herr Bergrat Dr. W. Schottler. Mit ihnen habe ich vieles besprochen und sie haben mir manche ihrer Erfahrungen zur Benutzung mitgeteilt. Dem Abschnitt über die Basalte wurde die Schottler'sche Arbeit: „Die Basalte der Umgegend von Gießen, Darmstadt 1908, Abhandlungen der Großherzogl. Geolog. Landesanstalt“, zugrunde gelegt. Endlich danke ich Herrn Dipl.-Bergingenieur Max Freyberg, der mir Mitteilungen zum letzten Abschnitt freundlichst zur Verfügung stellte.

Dass ich mich in vielem an Rinne's und Weinschenk's Ansichten angeschlossen habe, ist im folgenden wiederholt erwähnt. Dem Rinne'schen Buche wurden auch einige Abbildungen entnommen, während die Kristallbilder im ersten Abschnitt aus der Mineralogie von Naumann-Zirkel stammen.

Möge meine Arbeit eine freundliche Aufnahme finden und den Fortschritt in der Erkenntnis unserer natürlichen Bausteine fördern.

## I. Allgemeiner Teil.

§ 1. Was ist ein Gestein? Unter einem Gestein versteht man ein Aggregat von Mineralen. Ein natürliches Gestein stellt einen geologisch selbständigen Körper dar, der am Aufbau der Erdrinde einen wesentlichen Anteil nimmt. Der Geologe fasst den Begriff eines natürlichen Gesteins sehr weit; er versteht darunter nicht nur feste Körper, sondern auch lockere Massen, wenn sie ihre Entstehung einem natürlichen geologischen Vorgang verdanken. Flußsande, Dünsande, vulkanische Aschen und Tuffe, Fluss- oder Seeschlick, Lehm, Ton, Moor sind ebensogut Gesteine wie Granit, Sandstein und andere.

Ein künstliches Gestein ist ebenfalls ein Aggregat von Mineralen oder auch nach Art einer Breccie oder eines Konglomerats ein Aggregat von Gesteinsbrocken. Bei seiner Entstehung hat Menschenhand mitgewirkt. Entweder ist ein natürliches Gestein (z. B. Kalk, Gips, Ton, Lehm) durch einen willkürlichen Prozess (z. B. Schlämmen, Mahlen, Kneten, Trocknen, Brennen) verändert worden und hat dadurch physikalisch (z. B. durch Erhärten) und chemisch (z. B. durch Neubildung von Silikaten, Aufnahme oder Abgabe von chemisch gebundenem Wasser) eine von seinem ursprünglichen Vorkommen zeitweise oder dauernd abweichende Beschaffenheit erhalten, oder die Komponenten sind willkürlich gemischt (z. B. Sand, Kies, Gesteinsbrocken, Tuffe) und durch Zusatz eines Bindemittels (meist Zement oder Kalk) verfestigt worden, oder endlich, das Gemenge ist einem Brennprozess unterworfen worden, bei gewissen Arten

unter gleichzeitiger Anwendung hohen Druckes, wobei Sinterung eintritt oder ein Schmelzfluss erzeugt wird, der das Bindemittel zwischen den Körnern oder Gesteinsbrocken bildet.

Im folgenden sollen nur natürliche Gesteine behandelt werden und von diesen wiederum nur diejenigen, die zur Verwendung bei Bauten aller Art geeignet sind.

Die Gesamtheit der die Erdrinde zusammensetzenden Gesteine wird von den Geologen nach ihrer Entstehung in drei große Gruppen eingeteilt:

Die Eruptivgesteine,  
die Sediment- oder Schichtgesteine,  
die kristallinen Schiefer.

Die Eruptivgesteine sind in glutflüssigem Zustande aus dem Innern der Erde emporgedrungen, sie sind also Erstarrungsgesteine; nach ihrer äußeren Erscheinungsform werden sie wohl auch die massigen Gesteine genannt. Das letztere ist insofern nicht ganz zutreffend, als auch manche Sedimentgesteine, z. B. gewisse Kalksteine, auch Gips, „massig“, also ohne Schichtung auftreten können.

Die Sedimentgesteine oder die geschichteten Gesteine sind als chemische Niederschläge oder als Sinkstoffe im Wasser, oder sie sind durch Eistransport, ferner als Staub oder Asche aus der Luft abgesetzt worden.

Die kristallinen Schiefer, zu denen die ältesten bekannten Gesteine der Erde gerechnet werden, sind ihrer Entstehung nach noch nicht genügend erforscht. Für manche der zu ihnen gestellten Gesteine ist nachgewiesen, dass sie metamorph sind, also durch Umwandlung aus einem anderen Gestein den Charakter eines kristallinen Schiefers erhalten haben; andere sind als echte Eruptivgesteine erkannt worden, denen jedoch eine gewisse Parallelstruktur eigen ist.

**§ 2. Die mineralogische Zusammensetzung der Gesteine.** Die meisten Gesteine bestehen aus einem Aggregat verschiedener Minerale; man nennt sie darum gemengte oder zusammengesetzte Gesteine. Es gibt aber auch einfache Gesteine, deren Komponenten im wesentlichen immer der gleichen Mineralart angehören. Ganz frei von Nebengemengteilen ist kaum ein Gestein.

Ferner unterscheidet man bei der mineralogischen Zusammensetzung eines Gesteins die charakteristischen oder wesentlichen und die akzessorischen oder Nebengemengteile, auch Übergemengteile. Die Gesteinsnamen sind ursprünglich für bestimmte Mineralkombinationen aufgestellt. Wesentliche oder charakteristische Bestandteile nennt man demnach bei normaler Ausbildung des Gesteins diejenigen, die zu der bestimmten Kombination gehören. Die akzessorischen oder Nebengemengteile sind nicht bestimmend für das betreffende Gestein; sie können also in geringerer oder größerer Menge auftreten oder auch fehlen. Indessen sei bemerkt, dass bestimmte Übergemengteile stets vorhanden sind. Zum Beispiel Orthoklas, Quarz, Glimmer oder Hornblende bestimmen den Granit bei körniger Struktur; es ist aber auch stets Plagioklas vorhanden. Das besonders auffallende Vorkommen eines akzessorischen Gemengteiles kann im Namen angedeutet werden. So spricht man z. B. von Turmalingranit, wenn dieses Mineral in dem Gestein gleichmäßig verbreitet ist und dadurch charakteristisch wird.

Von den zahlreichen, durch die Mineralogie erforschten Mineralen sind es nur wenige, die gesteinsbildend auftreten, und auch von diesen werden wir im folgenden nur die wichtigsten anführen, nämlich die, welche für die Zusammensetzung der natürlichen Bausteine in Betracht kommen.

Bei den wichtigsten Mineralen, die als wesentliche Gemengteile in den Gesteinen verbreitet sind, sind auch einzelne Eigenschaften angegeben, die erst bei der Betrachtung im Dünnschliff auffallen und die man zur Unterscheidung von anderen Mineralen kennen lernen muss.

**Quarz**, hexagonal; Fig. 1. Kommt in Kristallen nur als Einsprengling in porphyrischen Gesteinen vor, in den körnigen, eruptiven und sedimentären Gesteinen ohne Kristallumriss. Keine deutliche Spaltbarkeit, muscheliger bis unebener Bruch, auf den Bruchflächen fettglänzend, sonst glasglänzend. Härte 7. Spez. Gewicht 2,65. Farblos, oft auch gefärbt, grau, gelblich, rötlich, bläulich. Chem. Zusammensetzung  $\text{SiO}_2$ . Von Säuren nicht angegriffen, nur von Flußsäure. Unter dem Mikroskop stets farblos, ohne Zersetzungserscheinungen, aber öfters mit zahlreichen winzigen Flüssigkeitseinschlüssen.

Fig. 1.

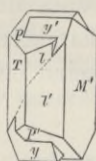


**Feldspatgruppe.** Man unterscheidet nach der Kristallform monokline und triklin Feldspäte, nach der chemischen Zusammensetzung Kalifeldspäte und Natronkalkfeldspäte.

1. Orthoklas, monoklin; Fig. 2. Kalifeldspat. Chem. Zusammensetzung  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8 = \text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ . In manchen Orthoklasen ist allerdings ein Teil des Kali durch Natron vertreten (Sanidin). In vollständigen Kristallen nur in porphyrischen Gesteinen als Einsprengling, häufig auch verzwillingt wie Fig. 3;

Fig. 2.

Fig. 3.



in den übrigen Gesteinen als Körnchen, Leisten u. s. w. Spaltbarkeit: zwei Spaltungsrichtungen senkrecht zu einander sehr deutlich nach den Flächen  $P$  und  $M$  in Fig. 2. Auf den Bruchflächen perlmutterglänzend. Härte 6. Spez. Gewicht 2,54 bis 2,58. Farbe meist grau oder weiß, öfters auch fleischrot und gelblich. Im Dünnschliff ist er in der Regel etwas getrübt.

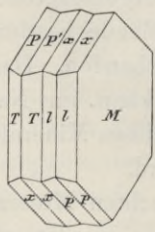
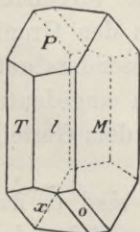
Sanidin, glasig und oft rissig, Varietät des Orthoklases, die namentlich in trachytischen Gesteinen vorkommt, an manchen Stellen in großen Kristallen. Neben Kali enthält er in der Regel mehr oder weniger Natron.

2. Mikroklin, triklin, sonstige Eigenschaften wie beim Orthoklas, von dem er makroskopisch nicht zu unterscheiden ist. Der Winkel der Spaltflächen  $P$  zu  $M$  weicht um ein geringes von  $90^\circ$  ab. Farbe zuweilen grünlich. Unter dem Mikroskop bei gekreuzten Nicols charakteristische Gitterstruktur.

3. Plagioklasse (Natronkalkfeldspäte), triklin. Man unterscheidet Albit, Oligoklas, Andesin, Labrador, Bytownit, Anorthit. Albit ist der Natronfeldspat mit chemischer Zusammensetzung  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 = \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ . Anorthit ist

Fig. 4.

Fig. 5.



der Kalkfeldspat mit chemischer Zusammensetzung  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 = \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ . Die vier anderen werden als Mischungen der Albit- und Anorthitsubstanz aufgefasst, sodass in der Reihe von Albit nach Anorthit der Natrongehalt abnimmt, während der Kalkgehalt steigt. Reiner Albit und reiner Anorthit sind in den Gesteinen weit weniger verbreitet; es treten in der Regel die Mischfeldspäte auf. Die einfachste Kristallform der Plagioklasse zeigt Fig. 4; sie ist der des Orthoklases ähnlich,

aber die Flächen  $P$  und  $M$  stehen nicht senkrecht zu einander. In den Gesteinen sind die Plagioklasse fast regelmäßig verzwillingt und zwar durch vielfache Zwillings-

bildung, wobei das einzelne Individuum nur eine feine Lamelle bildet; vergl. Fig. 5. Man erkennt die Zwillingsstruktur mit freiem Auge oder mit der Lupe an einer feinen Streifung. Im Dünnschliffe unter dem Mikroskop in polarisiertem Licht bei gekreuzten Nicols erscheinen die benachbarten Lamellen abwechselnd hell und dunkel, sodass der Querschnitt des Feldspates ebenfalls gestreift oder gebändert erscheint, wobei die Lamellen von verschiedener Breite sein können; dadurch unterscheiden sich die Plagioklasse scharf von den Orthoklasen; vergl. Fig. 6. Härte 6. Farbe meist weiß. Spez. Gewicht 2,6 bis 2,8. Spaltbarkeit sehr deutlich nach *P* und *M*, die Flächen glas- bis perlmutterglänzend.

#### Feldspatähnliche Minerale:

**Leuzit**, reguläre Kristallform. Chem. Zusammensetzung  $K Al [Si O_3]_2$ . Härte 6. Keine deutliche Spaltbarkeit, Bruch muscheliger. Spez. Gewicht 2,5. Glas- bis fettglänzend. Farbe weiß bis grau. Vorkommen in jüngeren kieselsäurearmen Eruptivgesteinen.

**Nephelin**, hexagonal; Fig. 7. Chem. Zusammensetzung etwa nach der Formel  $Na Al Si O_4$ ; mit etwas *K*. Härte 6. Spez. Gewicht 2,6. Spaltbarkeit undeutlich. Bruch muscheliger. Fettglänzend. Farbe weiß. Gefärbte Nepheline in den älteren Gesteinen heißen Eläolith. Auf Bruchflächen und im Dünnschliff sind die rechteckigen Durchschnitte charakteristisch.

Fig. 7.



Die **Glimmer**, monoklin, häufig mit sechsseitigem, scheinbar hexagonalem Umriss. Chemische Zusammensetzung kompliziert; es sind wasserhaltige Silikate im wesentlichen von *Al*, *K* und in vielen von *Mg* und *Fe*. Härte 2,5 bis 3. Ausgezeichnete Spaltbarkeit oft bis zu äußerst feinen, elastischen Blättchen nach der Basis. Spez. Gewicht 2,7 bis 3,1. Als wesentliche Gemengteile in den Gesteinen kommen hauptsächlich zwei Glimmer vor: der Muskovit und der Biotit.

**Muskovit**, heller Glimmer, Kaliglimmer. Perlmutterglänzend, in kleinen Blättchen oft silberglänzend. Farblos oder weiß mit grauem, gelben oder rötlichen Ton.

**Biotit**, dunkler Glimmer, Magnesiaglimmer, von schwarzer, dunkelgrauer, grüner oder brauner Farbe. Im Dünnschliff stark pleochroitisch. Metallartig, perlmutterglänzend. Durch Verwitterung gebleicht.

**Sericit**, grünlichweiß, seideglänzend, sehr weich, ist ein Kaliglimmer, der namentlich in Schiefergesteinen vorkommt.

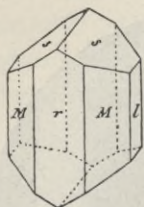
Die **Pyroxene** (Augite) und **Amphibole** (Hornblenden) sind chemisch sehr kompliziert zusammengesetzte Tonerdesilikate, vorwiegend des Kalziums, Magnesiums und Eisens. Die Augite sind deutlich spaltbar nach einem Prisma von  $87^\circ$ , also annähernd  $90^\circ$ . Die Hornblenden dagegen spalten vollkommen nach einem Prisma von  $124^\circ$ .

**Augit** im engeren Sinne, gemeiner Augit, monoklin. Härte  $5\frac{1}{2}$ . Schwarz, schwärzlichbraun bis schwärzlichgrün. Kristalle in porphyrischen Gesteinen, wie Fig. 8. Spez. Gewicht 3,1 bis 3,5. Glasglänzend. Der häufigste dunkle Gemengteil in den

Fig. 6. Nach Rinne.



Fig. 8.



kieselsäurearmen Eruptivgesteinen. Die stark gefärbten Individuen zeigen im Dünnschliff schwachen Pleochroismus.

Diallag, hauptsächlich in Gabbrogesteinen. Härte 4. Grau bis braun, oft in größeren tafeligen Individuen mit metallischem Glanz und blättriger Absonderung.

Enstatit, Bronzit und Hypersthen sind rhombische Pyroxene, die ähnlich wie Diallag aussehen und wie dieser in kieselsäurearmen Eruptivgesteinen vorkommen.

Hornblende, monoklin. Härte 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Spez. Gewicht 3,0 bis 3,4. Kristalle wie in Fig. 9 u. 10, besonders in Hornblendebasalten. Man unterscheidet:

Fig. 9.

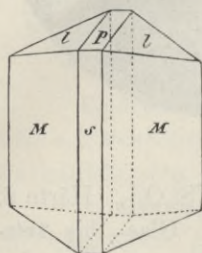
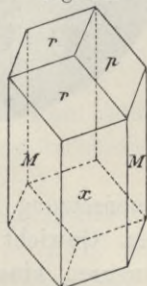


Fig. 10.



Grüne Hornblende. Grünlichschwarz, selten in Kristallen. In älteren Eruptivgesteinen und kristallinen Schiefern als wesentlicher Gemengteil. Im Dünnschliff stark pleochroitisch.

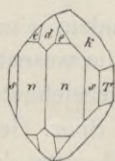
Basaltische Hornblende. Schwarz, auf den Spaltungsflächen stark glänzend. Im Dünnschliff stark pleochroitisch mit bräunlichen Farben. Wesentlicher Gemengteil besonders in jüngeren Eruptivgesteinen.

Tremolit ist eine weiße Hornblende, die in Kontaktgesteinen, besonders in Kalk und Dolomit auftritt.

Strahlstein oder Aktinolith, von grüner Farbe, stengelig, kommt in gewissen Schiefergesteinen vor.

Uralit oder uralitische Hornblende ist ein Umwandlungsprodukt des Augits in faserige Hornblende.

Fig. 11.



Olivin, rhombisch. Kristalle als Einsprenglinge in kieselsäurearmen Eruptivgesteinen, besonders Basalten, häufigste Form Fig. 11. Chem. Zusammensetzung  $(Mg, Fe)_2 Si O_4$ . Härte 6,5 bis 7. Spez. Gewicht 3,27 bis 3,37. Spaltbarkeit nicht deutlich, Bruch muschelrig, glasglänzend. Farbe grün bis braun, im Dünnschliff pleochroitisch, oft umgewandelt in Serpentin.

Serpentin. Erscheint in Gesteinen sehr häufig als Umwandlungsprodukt des Olivins. Massen von gelber, grüner bis rötlicher oder bräunlicher Farbe, mit muschelrigem oder splittigen Bruch und von faseriger Struktur. Härte 3 bis 4. Spez. Gewicht 2,6. Chem. Zusammensetzung  $H_4 (Mg, Fe)_3 Si_2 O_9$ .

Cordierit, rhombisch. Schwierig zusammengesetztes, eisenhaltiges Magnesium-Tonerdesilikat. Härte 7 bis 7,5. Spez. Gewicht 2,60 bis 2,66. Farblos bis blau. Im Glanz dem Quarz ähnlich und äußerlich schwer von ihm zu unterscheiden. Kommt in manchen Gneisen vor und in Hornfelsen u. s. w.

Chlorit, monoklin. Wasserhaltige Tonerdesilikate von Magnesium und Eisen. Härte 2,5. Spez. Gewicht 2,8. Sehr vollkommen spaltbar bis zu feinen Blättchen, immer von grüner Farbe ( $\chi\lambda\omega\rho\acute{o}\varsigma$ , grün). In kristallinen Schiefern und in Eruptivgesteinen als Zersetzungsprodukt sehr häufig.

Kaolin. Wasserhaltiges Tonerdesilikat  $H_4 Al_2 Si_2 O_9 = Al_2 O_3 \cdot 2 Si O_2 \cdot 2 H_2 O$ . Zersetzungsprodukt vorwiegend von Feldspäten. Härte 1. Spez. Gewicht 2,5. Lockere, erdige Massen, zuweilen auch kleine Blättchen oder Schuppen. Weiß, grau, auch rötlich oder gelblich gefärbt.



**Epidot**, monoklin,  $H Ca_2 (Al, Fe)_3 Si_3 O_{13}$ . Gestreckte Kristalle mit vollkommener Spaltbarkeit nach zwei Richtungen. Härte 6 bis 7. Spez. Gewicht 3,3. Grün, gelblich, rötlich, im Dünnschliff stark pleochroitisch. In den Eruptivgesteinen als Neubildungsprodukt infolge der Zersetzung von Feldspäten, Hornblende, Augit, Biotit. Häufig auch in manchen kristallinen Schiefen.

**Granat**, regulär; gewöhnlichste Formen Fig. 12 u. 13. Chem. Zusammensetzung sehr verschieden; es sind Tonerdesilikate am häufigsten mit Kalzium und Eisen. Härte 7. Spez. Gewicht 3,4 bis 4,3. Muscheliger Bruch. Verschieden gefärbt, rotbraun, schwarz. Häufig besonders in kristallinischen Schiefen und Kontaktgesteinen.

**Andalusit und Chistolith**, rhombisch. Chem. Zusammensetzung  $Al_2 Si O_5$ . Härte 7 bis 7,5. Spez. Gewicht 3,2. Grau, rötlich, grünlich. In Kontaktgesteinen und kristallinen Schiefen.

**Turmalin**, hexagonal. Borhaltiges kompliziert zusammengesetztes Aluminiumsilikat. Härte 7 bis 7,5. Spez. Gewicht 2,94 bis 3,24. Zuweilen große, schwarze, glänzende Kristalle in Graniten. Im Dünnschliff stark pleochroitisch.

**Zeolithe**. Im wesentlichen wasserhaltige Tonerdesilikate von Kalzium und Natrium. Härte 4 bis 5,5. Spez. Gewicht 1,9 bis 2,5. Meist farblos oder weiß, oft gut kristallisiert. Es sind sekundäre Bildungen, die namentlich in Hohlräumen von Basalten und Phonolithen vorkommen. Die wichtigsten sind: Apophyllit (tetragonal), Analcim (regulär), Chabasit (rhomboedrisch), Phillipsit (monoklin), Harmotom (monoklin), Desmin (monoklin), Natrolith (rhombisch).

**Titanit**, monoklin,  $Ca Si Ti O_5$ . Braun. Kommt unter anderen in manchen Syeniten vor.

**Zirkon**, tetragonal,  $Zr O_2 . Si O_2$ . Härte 7,5. Spez. Gewicht 4,6. Häufig in Eruptivgesteinen und kristallinen Schiefen, in farblosen weißen, gelben, rötlichen und braunen Kristallen.

**Rutil**, tetragonal,  $Ti O_2$ . Härte 6,5. Spez. Gewicht 4,2 bis 4,3. Kleine rote, braune oder gelbliche, stark glänzende Körner in kristallinen Schiefen.

**Eisenerze**. 1. Magneteisenerz (Magnetit), regulär, namentlich in Oktaedern. Härte 5,5 bis 6,5. Spez. Gewicht 4,9 bis 5,2. Schwarz, auch im Dünnschliff undurchsichtig. Strich schwarz. Chem. Zusammensetzung  $Fe_3 O_4$ . In Eruptivgesteinen und kristallinen Schiefen weit verbreitet, oft ganz oder teilweise verwittert und dann in Brauneisen oder Roteisen übergeführt.

2. Eisenglanz, hexagonal, rhomboedrisch. Chem. Zusammensetzung  $Fe_2 O_3$ . Härte 5,5 bis 6,5. Spez. Gewicht 5,19 bis 5,28. Schwarz, Strich kirschrot. Als selbstständiges Lager kommt er in kristallinen Schiefen vor, in manchen massigen Gesteinen verteilt in Form von Blättchen; als Eisenglimmer feinschuppig. Im Dünnschliff rot durchscheinend.

3. Roteisenerz, Hämatit. Nicht kristallisiert, traubig, nierig, faserig, auch erdig. Rot bis braunrot, Strich blutrot.

4. Titaneisenerz, dem Eisenglanz ähnlich. Chem. Zusammensetzung  $Fe Ti O_3$ , sehr häufig gemischt mit  $Fe_2 O_3$ . Schwarz, an den Rändern häufig mit hellgrauer Verwitterungsrinde. Härte 5 bis 6. Spez. Gewicht 4,56 bis 5,21. Sehr verbreitet, für manche Gesteine charakteristisch.

Fig. 12.

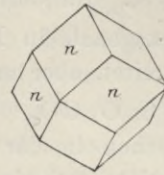
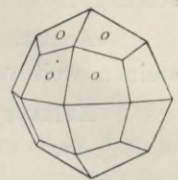


Fig. 13.



5. Brauneisenerz. Nicht kristallisiert; faserig, traubig, nierig, erdig. Braun, Strich gelb bis bräunlich gelb. Weit verbreitet als Verwitterungsprodukt anderer eisenhaltiger Minerale.

6. Schwefelkies, Pyrit, regulär, auch traubig oder knollig. Spaltbarkeit sehr unvollkommen. Härte 6 bis 6,5. Spez. Gewicht 5. Gelb, oft mit brauner Rinde oder bunt angelaufen. Strich bräunlich-schwarz.

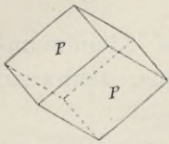
7. Markasit, wie Pyrit, aber rhombisch und leichter verwitternd.

8. Magnetkies, hexagonal, im Gestein nur in Körnern. Chem. Zusammensetzung meist  $\text{Fe}_3\text{S}_4$ . Im Cordieritgneis, Gabbro, Norit, Basalt.

**Apatit**, hexagonal, in Nadeln oder feinen Säulen. Kalziumphosphat. In Gesteinen weit verbreitet, aber makroskopisch gewöhnlich nicht sichtbar.

**Kalkspat**,  $\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$ . In Säuren, auch verdünnten (Salzsäure, Essigsäure) schon in der Kälte unter Aufbrausen löslich. Härte 3. Spez. Gewicht 2,6 bis 2,8. Hexagonal-rhomboedrisch, sehr flächenreich. Vollkommene Spaltbarkeit nach dem Grundrhomboeder. Farblos oder gefärbt: gelb, weiß, grau, auch rötlich u. a. Stark doppelbrechend (Doppelspat). Fig. 14 zeigt das Grundrhomboeder, selten als Kristall, aber als Spaltungsform stets herzustellen.

Fig. 14.



**Aragonit**, rhombisch, sonst dem Kalkspat ähnlich. Härte 3,5 bis 4. Spez. Gewicht 2,9 bis 3.

**Dolomit**,  $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ . In kalter konz.  $\text{HCl}$  unter Bildung kleiner Bläschen langsam, mit warmer, auch verdünnter  $\text{HCl}$  unter Aufbrausen löslich. Härte 4. Spez. Gewicht 2,9. Gelb, grau, weiß. Auf der Bruchfläche seidenartiger Glanz.

**Gips**,  $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ , monoklin, oft Zwillinge. Härte 2. Spez. Gewicht 2,3. Lässt sich mit dem Fingernagel ritzen. In einer Richtung sehr vollkommen spaltbar in feine, aber nicht biegsame Platten. Weiß oder gefärbt.

### § 3. Die petrographische Untersuchung der Gesteine und ihre Benennung.

Wenn man über die technische Verwendbarkeit eines Gesteins ein Urteil haben will, so muss, ehe irgendwelche anderen Prüfungen vorgenommen werden, zuerst seine petrographische Zusammensetzung festgestellt werden; dann wird man zugleich auch zu einer richtigen Benennung gelangen. Es sind nicht selten im Handel noch ganz verkehrte Gesteinsnamen im Gebrauch, die mit den von der petrographischen Wissenschaft festgesetzten Bezeichnungen im Widerspruch stehen. Es liegt nicht nur im wissenschaftlichen Interesse, sondern auch in dem der Praxis, dass dieses Missverhältnis beseitigt wird, weil damit Missverständnisse und gegebenenfalls Streitigkeiten vermieden werden. Wie will man sich denn verständigen, wenn in verschiedenen Kreisen bestimmten Namen verschiedene Bedeutung beigelegt wird? Eine richtige Definition kann einer Gesteinsart doch nur durch die wissenschaftliche Untersuchung gegeben werden. Auf den technischen Schulen und Hochschulen werden die von der petrographischen Wissenschaft aufgestellten Namen gelehrt; die Vorschriften für Lieferungen, die Zeugnisse der Prüfungsämter u. s. w. beziehen sich gleichfalls auf sie, also muss danach gestrebt werden, dass sie auch allgemein im Verkehr und Handel mit Gesteinen als Grundlage zur Geltung kommen.

Die wissenschaftliche Gesteinslehre (Petrographie) ist allerdings in den letzten Jahrzehnten mit der Unterscheidung von Gesteinsarten und der Aufstellung neuer Namen sehr stark vorangegangen. Diese speziellen Untersuchungen und die viel zu stark ins einzelne gehende Gliederung haben für die Beurteilung der Verwertung der Gesteine zu Bau-

zwecken keine Bedeutung, und die zahllosen neuen Namen werden und können nie Eingang in die Praxis finden. Dagegen ist es sehr wohl möglich und zweckmäßig, auch in der Praxis die großen Gesteinsgruppen auseinanderzuhalten und sich ihrer Namen in dem Umfange zu bedienen, wie ihn die moderne Forschung festgesetzt hat.

Die Gesteinskunde ist eine verhältnismäßig junge Wissenschaft. In der älteren Zeit konnte man die Gesteine nur nach äußeren Merkmalen unterscheiden, je nachdem man die einzelnen Gemengteile mit freiem Auge oder vielleicht noch mit der Lupe erkennen konnte. Die Untersuchung der dichten Gesteine war ganz besonders erschwert, namentlich wenn man aus ihrem geologischen Auftreten die Zugehörigkeit zu einem bekannten körnigen Gestein nicht ersehen konnte. Auch die chemische Analyse war dann nur in beschränktem Maße imstande, Aufklärung zu geben.

Erst im letzten Drittel des vergangenen Jahrhunderts wurde ein neuer Weg gefunden, den Aufbau der Gesteine wissenschaftlich zu erforschen, indem man lernte, Dünnschliffe herzustellen, mit Hilfe deren die mikroskopische Untersuchung mit starken Vergrößerungen ermöglicht wurde. So wurde man in den Stand gesetzt, die mineralogische Zusammensetzung auch der dichten Gesteine aufs genaueste zu erforschen und damit war die Grundlage für die weitere Entwicklung gegeben, die chemischen und physikalischen Gesetze zu erkennen, die den inneren Zusammenhang der Gesteine bedingen. Nun erst ist es möglich, natürliche Gruppen zu unterscheiden und für sie Namen aufzustellen, denen man eine genügend scharfe Definition begeben kann. Diese müssen Allgemeingut werden. Das ist um so eher möglich, als im wesentlichen die eingebürgerten Namen beibehalten worden sind, nur ihre Umgrenzung musste in bestimmten Fällen der exakten Forschung entsprechend geändert werden.

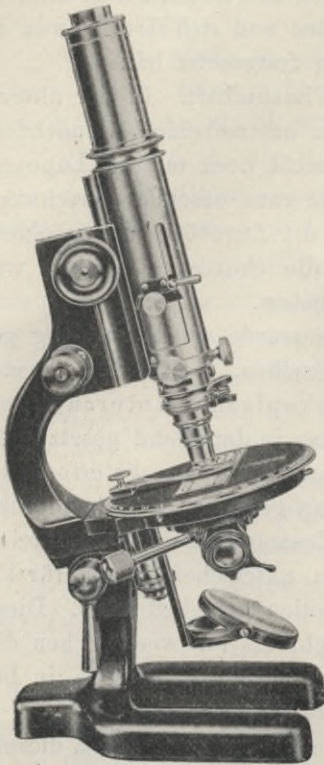
Die wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden der Gesteine können in diesem Kapitel nicht behandelt werden. Wer sie kennen lernen will, den verweisen wir auf die Lehrbücher der Petrographie, von denen einige oben genannt sind. Es soll hier nur soviel mitgeteilt werden, wie der Praktiker verwenden kann, wenn er sich eine vorläufige Orientierung über die Verwendbarkeit eines Gesteines verschaffen will. Eine genaue Untersuchung und die sichere Bestimmung kann nur durch einen Geologen vorgenommen werden, der gegebenenfalles damit beauftragt werden muss.

Das Mikroskop, das zur Gesteinsuntersuchung verwendet werden soll, muss einige besondere Einrichtungen besitzen. Der Objektisch muss drehbar sein; er ist am Rande mit einer Gradeinteilung und mit Noniusablesung an einer festen Marke versehen. Unter dem Objektisch ist über dem Spiegel ein sogenanntes Nicol (Nicol'sches Prisma) angebracht, das linear polarisiertes Licht erzeugt (der Polarisator). Ein zweites derartiges Nicol befindet sich über dem Tisch und zwar sind die neueren Mikroskope so eingerichtet, dass es in den Tubus herein- und herausgeschoben werden kann; das ist der Analysator. Das Okular muss mit einem Fadenkreuz versehen sein. Die Objektive in verschiedener Stärke sind am besten in eine federnde Klammer einsetzbar. Einige weitere Apparate kommen nur für die wissenschaftliche Untersuchung in Betracht. In Fig. 15 bilden wir ein größeres, für die Zwecke der praktischen und wissenschaftlichen Untersuchung geeignetes Polarisationsmikroskop der Firma W. u. H. Seibert in Wetzlar ab, das aber auch in wesentlich einfacherer Ausstattung geliefert werden kann.<sup>1)</sup>

Es sei darauf aufmerksam gemacht, dass solche Mikroskope in vielen höheren Schulen, in chemischen Untersuchungsämtern u. s. w. vorhanden sind, wo es in den

<sup>1)</sup> Als Bezugsquellen für gute Mikroskope nennen wir: R. Fuess (Steglitz-Berlin), Leitz (Wetzlar), Seibert (Wetzlar), Voigt & Hochgesang (Göttingen), Zeiss (Jena).

Fig. 15.



meisten Fällen auf Bitte wohl gestattet wird, die mitgebrachten Dünnschliffe durchzusehen.

Will man ein Gestein unter dem Mikroskop untersuchen, so muss man einen Dünnschliff herstellen, d. h. man muss eine Gesteinsplatte so dünn schleifen, dass sie so weit als möglich durchsichtig wird. Das ist sehr einfach, sodass man es selbst machen kann.<sup>2)</sup>

Man schlägt sich von dem Gestein mit dem Hammer ein möglichst flaches Stück von der Größe eines Zwei- oder Dreimarkstückes ab oder lässt sich ein solches mit einer Gesteinsschneidmaschine absägen. Dann schleift man auf einer Gusseisenplatte (alte Ofenplatte) mit nicht zu feinem Schmirgel oder Karborund und Wasser zunächst eine ebene Fläche an, die man weiter auf einer dicken Glasscheibe mit feinstem Staub der genannten Schleifmittel matt poliert. Dann wird das Gestein sehr gut mit Wasser gereinigt, getrocknet, wenig erwärmt und mit heißem Kanadabalsam auf einen gläsernen Objektträger mit der polierten Fläche aufgeleimt. Der in jedem Drogengeschäft käufliche Balsam ist in Chloroform gelöst; er muss auf dem Objektträger gleichmäßig und langsam erwärmt werden, darf aber nicht brennen. Wenn er eben anfängt zu rauchen, ist er gewöhnlich recht. Er soll dann nach dem Erkalten so hart werden, dass man mit dem Fingernagel noch einen ganz geringen Eindruck

hervorbringen kann, ohne dass der Balsam rissig wird. Die angeschliffene kleine Gesteinsplatte muss stark an das Glas angepresst werden, sodass alle Bläschen und der überflüssige Balsam an den Rändern herausquellen.

Nach dem Erkalten schleift man das Gesteinsstück von der anderen Seite — wobei man sich in acht nehmen muss, dass man nicht die Fingernägel mit wegreibt — erst auf der Eisenplatte und dann sehr vorsichtig auf der Glasplatte immer feiner, bis nur ein äußerst feines Plättchen auf dem Objektträger bleibt, das je nach der Härte des Gesteins 0,02 bis 0,05 mm Dicke haben darf. Dann werden auch dunkle und dichte Gesteine durchsichtig. Wenn das fertig geschliffene Plättchen noch die Größe eines Pfennigs hat, genügt es in den meisten Fällen für die Untersuchung, wenigstens bei dichten und feinkörnigen Gesteinen. Dann reinigt man den Schliff abermals sehr gut, trocknet und erwärmt ihn wenig und deckt ihn vermittelst erwärmten Kanadabalsams mit einem dünnen Deckgläschen, das man gut anpresst. Der überschüssige Balsam wird mit einem heißen Messer vorsichtig entfernt und der nun fertige Schliff mit einem in Schwefeläther oder Alkohol angefeuchteten Tuch gereinigt.

Bei der Betrachtung unter dem Mikroskop erkennt man bei einiger Übung, die man sich unter Anleitung sehr wohl erwerben kann, die für die Zusammensetzung eines Gesteins charakteristischen Minerale und ihr Mengenverhältnis, seine Struktur und ferner den Grad der Frische oder die bereits vorgeschrittene Verwitterung und Zersetzung,

<sup>2)</sup> Die Firmen Voigt & Hochgesang in Göttingen, Kranz in Bonn u. a. stellen solche Dünnschliffe von eingesandten Gesteinsproben her.

die man bei den meisten Gesteinen mit dem unbewaffneten Auge überhaupt nicht beurteilen kann. Bei Pflastersteinen muss man auf die Frische ganz besonders achten, da die frischesten Gesteine die geringste Abnutzung erfahren.

Bei der Betrachtung eines Dünnschliffes im Mikroskop muss man sich vergegenwärtigen, dass man von den verschiedenen Mineralen nur Querschnitte sieht; da nun die Minerale im Gestein meist regellos angeordnet sind, so erhält man Durchschnitte in beliebigen Richtungen. Betrachtet und vergleicht man mehrere des gleichen Gemengtheils, so kann man sichere Schlüsse über dessen äußere Form, insbesondere die Kristallform ziehen. Man sieht ferner und zwar zunächst im gewöhnlichen Lichte, welche Einschlüsse ein Mineral hat, auch Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse, die z. B. bei bestimmten Quarzen wichtig sind, weiter die Spaltungsrisse und die Winkel, unter denen sie sich kreuzen, wenn verschiedene Richtungen vorhanden sind, die Farbe der einzelnen Gemengtheile, bei manchen auch Pleochroismus, und endlich erkennt man, namentlich an dem Grad der Durchsichtigkeit der Feldspäte, an gewissen Mineralneubildungen und an der Verteilung des Eisens, das als Färbemittel auftritt, wie stark ein Gestein durch Verwitterung oder Zersetzung bereits umgewandelt ist.

Die Nicol'schen Prismen erzeugen linear polarisiertes Licht, d. h. Licht, dessen Schwingungen sämtlich parallel einer einzigen Richtung verlaufen. Das von dem unteren Nicol erzeugte polarisierte Licht dringt durch die im Dünnschliff durchsichtig gewordenen Minerale hindurch. Je nach deren optischen Eigenschaften erfährt es dabei Veränderungen, die man aber erst bemerkt, wenn man den oberen Nicol in den Tubus einschiebt. Dieser ist so angeordnet, dass die Schwingungsrichtung des Lichtes senkrecht zu der des unteren Nicols gelegen ist. Hat man kein Objekt auf dem Mikroskopisch liegen oder nur Glas, so muss das Gesichtsfeld dunkel bleiben. Ist das nicht der Fall, so muss der untere Nicol vorsichtig gedreht werden, bis Dunkelheit eintritt. Nur bei dieser Stellung darf beobachtet werden.

Bei den das Licht einfach brechenden (isotropen) Mineralen (Gläsern und regulären Kristallen) sieht man keine Veränderungen; sie bleiben dunkel. Dagegen bemerkt man solche bei den doppeltbrechenden (anisotropen) Gemengtheilen. Sie äußern sich darin, dass das Mineral hell oder dunkel erscheint, oder dass gewisse, manchmal sehr lebhaftere Farbenercheinungen auftreten, deren Charakter bei verschiedenen Mineralen verschieden ist, der aber in gewissem Grade auch bei dem gleichen Mineral (z. B. Quarz) entsprechend der Dicke des Dünnschliffs verschieden sein kann. Beim Drehen des Objektisches wechseln die Farben, und bei einem solchen um  $360^\circ$  wird jedes doppeltbrechende Mineral viermal hell und dunkel. Gewisse Gesteinsgemengtheile und ihre Umrisse sind erst in polarisiertem Lichte mit Sicherheit voneinander zu unterscheiden und zu bestimmen; z. B. sieht man die vielfache Zwillingbildung, wie sie in Fig. 6 dargestellt ist, die für die Plagioklas-Feldspäte charakteristisch ist und diese sofort von dem Orthoklas unterscheiden lässt, erst deutlich, wenn man den oberen Nicol in den Tubus des Mikroskopes eingeschaltet hat.

**§ 4. Die Struktur der Gesteine.** Gesteine mit einer Zusammensetzung aus den gleichen Mineralen können doch noch in ihrem äußeren und inneren Gefüge (Struktur) sehr verschieden sein. Sie werden sich dementsprechend auch für verschiedene bauliche Zwecke eignen.

Bei der Prüfung der Struktur ist zuerst festzustellen, ob das Gestein kristallinisch oder klastisch ist.

Kristallinisch nennt man ein Gestein, dessen einzelne Gemengteile Kristallkörner sind, die ohne Bindemittel miteinander verkittet sind. Da sich diese Körner bei ihrer Entstehung im Raum gegenseitig beeinträchtigten, so ist die äußere Kristallform nur teilweise vorhanden. Jeder kristallinische Gesteinstypus besitzt eine bestimmte chemische Zusammensetzung; es treten darum in ihm auch nur bestimmte mineralische Gemengteile auf, die dieser Zusammensetzung entsprechen.

Zu den kristallinischen Gesteinen gehören die Eruptivgesteine, aber auch manche chemischen oder Ausscheidungs-Sedimente und metamorphen Gesteine, wie Marmor und die kristallinischen Kalksteine, Gips z. T., Steinsalz.

Klastisch sind alle die Gesteine, die im letzten Grunde aus den Zerstörungsprodukten der Eruptivgesteine gebildet sind, wobei ein mechanischer Transport durch Wasser, Eis oder Luft mitgewirkt hat. Eine bestimmende chemische Zusammensetzung für diese Gesteine ist nicht oder nur in beschränktem Maße vorhanden. Die Mischung der Gemengteile ist der Art ihrer Entstehung entsprechend bis zu gewissem Grade regellos.

Hierher gehören die meisten sedimentären Gesteine: Konglomerate, Sandsteine, Mergel, Tone, Kiese, Sande, Löss, Geschiebemergel u. s. w. Diese Gesteine sind:

lose, wenn sie ohne Bindemittel sind (Kies, Sand, Staub),

locker, wenn sie im Wasser aufweichen (Ton, Mergel),

fest, wenn sie so verkittet sind, dass sie auch nach längerer Lagerung im Wasser mit der Hand nicht zerdrückt werden können.

Die Gesteine sind ferner entweder körnig oder dicht. Unter den körnigen Gesteinen unterscheidet man bei den Eruptivgesteinen:

riesenkörnige, deren Gemengteile bis Kopfgröße oder auch mehr erreichen,	} Gemengteilen.
großkörnige mit bis zu faustgroßen,	
grobkörnige mit etwa bis zu kirschengroßen,	
mittelkörnige mit bis erbsengroßen,	
feinkörnige mit bis hirsekorngroßen	

Sind die Körner noch kleiner, aber doch noch erkennbar, so kann man das Gestein als sehr feinkörnig bezeichnen.

Dichte Gesteine nennt man solche, deren Gemengteile mit dem freien Auge und gewöhnlich auch mit der Lupe nicht mehr zu erkennen sind. Allein im Dünnschliffe unter dem Mikroskope unter Anwendung entsprechender Vergrößerungen erweisen sich auch diese meist als körnig und man kann die einzelnen Mineralkörnchen oder Kristalle deutlich unterscheiden und bestimmen. Nur Gläser und glasartige Massen bleiben auch da dicht.

Die körnige Struktur ist namentlich für die Gesteine charakteristisch, die in der Tiefe der Erde erstarrt sind, also für die plutonischen Gesteine, wie Granit, Syenit, Gabbro, Diorit u. s. w. In der Anordnung der Körner findet man in der Hauptmasse keinerlei Gesetzmäßigkeit und man spricht darum von richtungslos körniger Struktur oder auch von Massivstruktur. Die Körner sind dabei annähernd von gleicher Größe. Bei manchen Tiefengesteinen, so bei den Protogingraniten in den Alpen, macht sich allerdings trotz der durchaus körnigen Struktur eine gewisse lagenförmige Anordnung namentlich der Glimmerblättchen bemerkbar. Diese Gesteine werden indessen als Randgesteine der eigentlichen Granitmassive angesehen.

Eine besondere Art der richtungsloskörnigen Struktur bildet die ophitische, auch doleritische oder Intersertalstruktur. Sie ist für die Diabase und Trappbasalte besonders charakteristisch. In Fig. 16, die Rinne's „Praktischer Gesteinskunde“ entnommen ist, sieht man, dass die leisten- oder balkenartig ausgebildeten Feldspäte kreuz und quer regellos verteilt und sparrenartig verschränkt sind. Die Zwischenräume sind von anderen Mineralen, vorherrschend von Augit erfüllt.

Weit verbreitet in Gesteinen, die für technische Zwecke, namentlich zu Pflastersteinen verwendet werden, ist die porphyrische Struktur. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass große Körner oder Kristalle (Einsprenglinge) regellos verteilt in einer feiner körnigen oder dichten Grundmasse liegen, diese kann sogar noch mehr oder minder reich an Glasmasse sein.

Während die körnige Struktur für die Tiefengesteine charakteristisch ist, bei denen man eine äußerst langsame Abkühlung, also auch sehr gleichmäßige physikalische Verhältnisse während derselben annehmen muss, ist die porphyrische Struktur bei den Erguss- und Ganggesteinen verbreitet, wo die Abkühlung rascher und unter ungleichmäßigeren physikalischen Bedingungen erfolgte.

Hauptsächlich bei trachytischen Gesteinen kommt eine Struktur vor, die man auch trachytische Struktur nennt, bei der die leistenförmigen Feldspäte in Zügen, gleichsam stromartig angeordnet sind. Sie ist erst im Dünnschliff deutlich zu erkennen.

Fig. 16.

*Diabas von Ain Tellout (Oran). Sparriger Plagioklas f mit Augitfülle P<sub>2</sub>;  $\mu$  Erz, ch Chlorite, e Epidot.*

*Nach Rinne.*



Fig. 17.

*Porphyrischer, fluidaler Granit (Flasergranit). Odenwald, bei Winterkasten.*

*Phot. G. Klemm.*

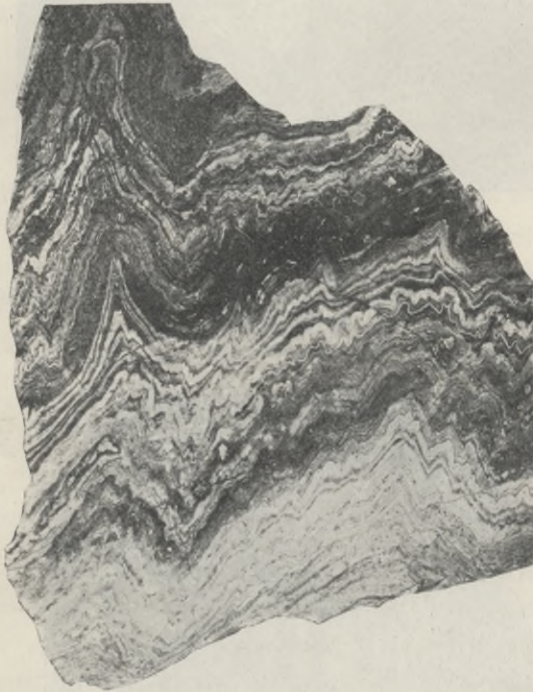


Bei manchen Eruptivgesteinen fällt eine unverkennbare Parallelstruktur auf, die so stark ausgeprägt sein kann, dass das Gestein wie geschichtet aussieht; man spricht dann von Fluidal-, Fluktuations- oder Flußstruktur; Fig. 17. Wie der Name andeutet, erklärt sie sich daraus, dass die heiße Gesteinsmasse (das Magma) sich noch fortbewegte, ehe sie ganz erstarrte. Infolgedessen durchziehen entweder Hohlräume (Blasen, Poren) reihen- oder lagenförmig mit Streckung in einer Richtung das Gestein oder tafelig ausgebildete Gemengteile (z. B. in erster Linie Glimmer) sind schichtartig angeordnet. Das ist wichtig zu beobachten, denn nach diesen Flächen ist dann auch leichtere

Fig. 18.

*Fluidaler Quarzporphyr. Odenwald, Groß-Umstadt.*

Phot. G. Klemm.



Spaltbarkeit vorhanden, und die Druckfestigkeit senkrecht und parallel zur Lagenstruktur kann sehr verschieden sein.

Infolge von Druckwirkung auf das noch nicht vollständig erstarrte Gestein sind die Lagen oder Bänder häufig gefältelt. Das gibt namentlich dichten Gesteinen, wie Porphyren, Porphyriten u. a. ein eigenartiges Aussehen, und da diese in der Regel hart sind und sehr gut Politur annehmen, so eignen sich solche Platten sehr zu dekorativen Zwecken; Fig. 18.

Eine andere Art der Parallelstruktur, die namentlich bei zentralalpinen Graniten beobachtet wird und diesen ein gneisartiges, ja an den Rändern der Massive selbst ein schiefrißiges Aussehen verleiht, erklärten in neuester Zeit Weinschenk und andere ebenfalls als Folge einer Druckwirkung auf das noch erstarrende Gestein, wobei sich die tafeligen Gemengteile senkrecht zur Druckrichtung anordneten. Waren bereits größere

Einsprenglinge ausgeschieden, so ordneten diese sich ebenfalls linsenförmig parallel an, wobei sie häufig von einer feinkörnigen Masse umgeben wurden. Man spricht dann von Augenstruktur und nennt granitische Gesteine dieser Art wegen ihrer Parallelstruktur Augenweise.

Schlierige Struktur. Bei manchen körnigen Eruptivgesteinen beobachtet man kleinere oder größere sich abhebende Partien, die sich lokal anhäufen und ein unregelmäßiges Aussehen verursachen können, mit in der Regel undeutlicher und verschwommener, manchmal aber auch scharfer Umgrenzung. In ihnen häuft sich entweder ein charakteristischer Gemengteil besonders an, wie Glimmer, Hornblende, Augit oder im Gabbro Diallag, oder es tritt ein dem Gestein fremdes Mineral in Menge auf oder kommt doch hinzu. Man nennt solche Stellen in der Praxis, wenn sie dunkler gefärbt sind und wie Knollen auftreten, Butzen; Fig. 19. Oder aber es treten solche in Farbe und Zusammensetzung sich abhebende Partien in Streifen oder Schlieren auf von längerer, manchmal meterlanger Erstreckung, zackig und gewunden oder von annähernd paralleler



Anordnung, sodass darin fluidale Struktur angedeutet ist; Fig. 20.

Auch Erze können sich schlierig, z. B. in Basalten anreichern.

Man erklärt die Bildung solcher Gesteine verschieden. Die dunklen Butzen sehen manche als Abscheidung kiesel-säureärmerer Partien des ursprünglich glutflüssigen Magmas an. In anderen Fällen nimmt man an, dass Schollen in der Tiefe von den Wänden der Spalten oder Eruptionskanäle losgerissen und in das Eruptivgestein eingeschlossen worden sind, wobei unter dem Einflusse von Druck, Hitze und Gasgehalt der noch nicht erstarrten Masse eine Umkristallisation erfolgte. In noch anderen Fällen erklärt man namentlich die helleren gangartigen Streifen als Nachschübe glutflüssigen Gesteins, das das schon teilweise oder ganz erstarrte bis in die feinsten Risse durchdrang. Derartige Butzen und Schlieren sind bei Gesteinen, die poliert werden sollen, namentlich wenn sie für Grabsteine u. a. m. bestimmt sind, sehr unerwünscht und das um so mehr, als die feineren Gänge erst bei der Politur sichtbar werden.

Fig. 19. *Flasergranit mit Einschlüssen von schiefrigem Amphibolit.*  
Odenwald, Fränkisch-Krumbach.

Phot. G. Klemm.

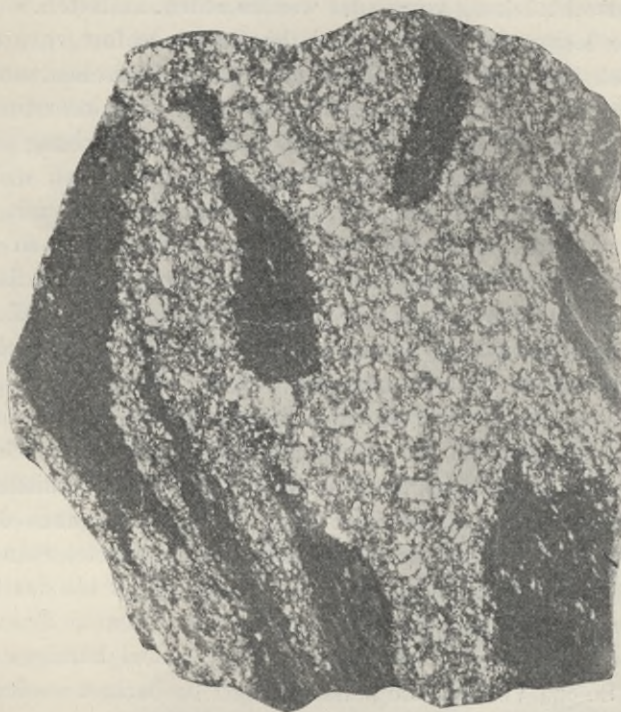
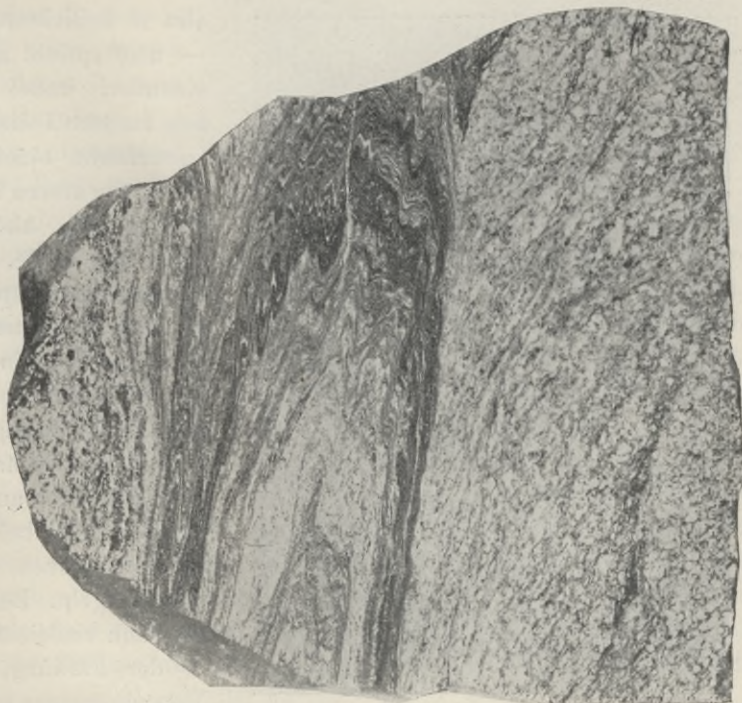


Fig. 20. *Hornblendegranit mit an Hornblende reicher Schliere.*  
Fürth im Odenwald.

Phot. G. Klemm.

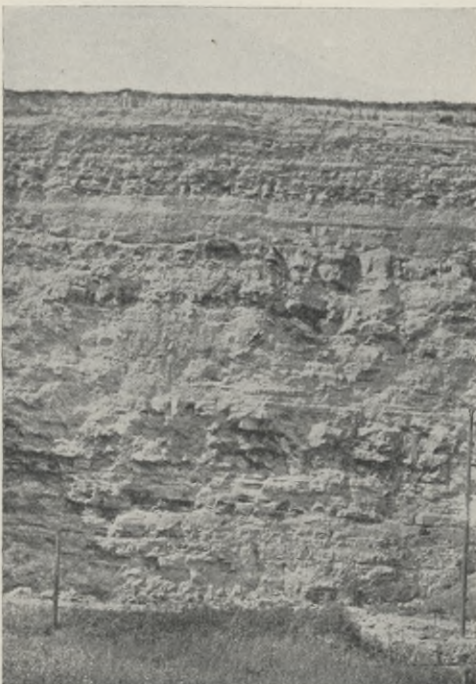


Andererseits sollte man auf solche scheinbaren Schönheitsfehler nicht so viel Gewicht legen, namentlich, wenn sie an Säulen oder Platten, die zum Hochbau und zur Innenausschmückung verwendet werden sollen, auftreten. Gerade solche Schlieren und Einschlüsse lassen das echte natürliche Gestein sofort vom künstlichen unterscheiden und verleihen ihm ein eigenartiges, interessantes Aussehen, an das man sich nur gewöhnen muss, so gut wie man jetzt die Schönheit von farbigen oder dunklen, polierten Kalksteinflächen zu schätzen weiß, deren Gleichmäßigkeit in der Färbung durch hellere Durchschnitte von unregelmäßig verteilten Versteinerungen unterbrochen wird (Muschelmarmor, Korallenmarmor). Bezüglich ihrer Festigkeit sind Gesteine mit Butzen oder Schlieren nicht zu beanstanden, denn die verschiedenen Partien sind so innig miteinander verbunden, dass z. B. eine Trennung unter Druck nach den Grenzflächen geradezu ausgeschlossen ist. Auch beim Bossieren der Pflastersteine spaltet der Block nicht nach jenen Flächen.

Anders sind die Adern zu beurteilen, die durch sekundäre Ausfüllung von Rissen und Spalten im Gestein entstanden sind. Darüber siehe unten.

Von den im vorstehenden beschriebenen Strukturen der Eruptivgesteine können mitunter mehrere an der gleichen Eruptivmasse, also manchmal auch in dem gleichen Steinbruche beobachtet werden; z. B. kann ein Granitstock in der Mitte ganz normal richtungslos körnig ausgebildet sein, er geht aber nach den Rändern hin allmählich in die porphyrische Struktur über; ähnliches beobachtet man an breiteren Gängen, wo das Randgestein in der Regel dichter zu sein pflegt als das der Gangmitte. Bei Basalten kommen verschiedene Strukturen gar nicht selten in einem Bruche vor, wenn nämlich verschiedene Ströme übereinander lagern, wobei körniges und dichtes Gestein wechseln kann. Solche Verhältnisse müssen scharf beobachtet werden, da die Gesteinsstruktur die technische Verwendbarkeit erheblich beeinflusst.

Fig. 21. *Cerithien- und Corbiculakalk.*  
*Weisenau bei Mainz.*



Die Schichtung ist charakteristisch für die Sedimentgesteine. Diese liegen also in Schichten, Lagen, Platten, Bänken — man spricht auch von Flözen — übereinander, wobei die Trennungsf lächen in den meisten Fällen parallel sind. Die obere Grenzfläche einer Schicht nennt man ihr Dach, die untere ihre Sohle. Die Dicke oder Mächtigkeit, also der Abstand zwischen Dach und Sohle, ist sehr verschieden. Die Lagen können papierdünn, können aber auch als mehrere Meter starke Bänke entwickelt sein. Wechseln in einer Formation verschiedene Gesteinsarten, also Ton, Mergel, Sandstein, Kalk häufig miteinander, so tritt die Schichtung sehr stark in Erscheinung; Fig. 21. Sie kann aber auch äußerlich sehr zurücktreten, z. B. bei Kalksteinen, aber auch bei Sandsteinen und sehr oft bei Tonen oder Mergeln. Bei den ersteren erkennt man sie dann vielleicht an geringen Änderungen in der Färbung, an der Anordnung der Versteinerungen oder auch in Unterschieden

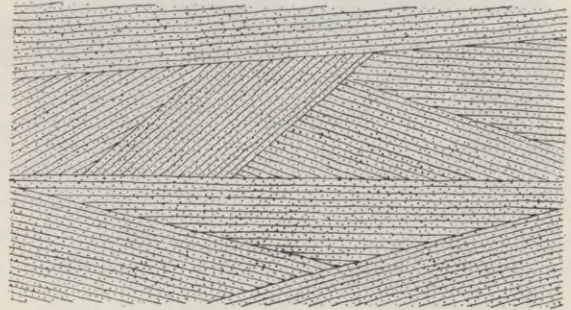
in der Härte oder der chemischen Zusammensetzung, die dann an den Verwitterungsflächen häufig kenntlich werden, weil die Atmosphärrillen die einzelnen Lagen verschieden stark angreifen und dadurch die Schichtung herausarbeiten. Lässt ein Ausscheidungssediment keine Spur einer Schichtung erkennen, dann ist es massig ausgebildet (Korallenkalke, Gips).

Auch bei Sandsteinen ist die Schichtung manchmal undeutlich, namentlich ist sie sehr häufig in losgebrochenen Blöcken nicht mehr ohne weiteres zu erkennen. Man muss dann auf geringfügige Änderungen im Gesteinskorn achten und auf die Anordnung der Glimmerblättchen, die ja in vielen Sandsteinen verbreitet sind. Auch die Menge des Bindemittels kann lagenweise wechseln. Pflanzenabdrücke pflegen auf den Schichtflächen ausgebreitet zu sein.

Die Gesteine, die durch Niederschlag aus Wasser entstanden sind (mechanische wie chemische Sedimente), haben ursprünglich im wesentlichen alle horizontale Schichtung gehabt. Sie liegen konkordant übereinander. Nach Verfestigung sind sie in vielen Gebieten durch die gebirgsbildenden Kräfte gestört, sie sind aufgerichtet und gefaltet worden, sodass nunmehr die Schichten nicht mehr horizontal liegen. Sind sie dann von neuem durch andere Ablagerungen bedeckt worden, so bilden die Schichtungsrichtungen der beiden verschiedenaltigen Gesteinsmassen einen Winkel zu einander, sie liegen diskordant übereinander.

Am Meeresstrande, im Flussdelta, in Flussniederungen, in Dünen sind Sande abgelagert worden, die später zu Sandsteinen wurden, in denen keine konkordante Schichtung, sondern die sogen. Kreuzschichtung oder Schrägschichtung, Fig. 22, auftritt. Durch Wellenschlag, Änderung der Flussrichtung und damit der Art der Aufschüttung oder durch Windgebläse wurde die Schichtungsrichtung häufig gewechselt, sodass die Schichten meist dünner Bänke unter spitzen Winkeln an denen von anderen absetzen oder sie überlagern. Sandsteine, die solche Kreuzschichtung zeigen, sind erfahrungsgemäß für Bauzwecke

Fig. 22. Kreuzschichtung.



minderwertig, wenn nicht unbrauchbar. Das erklärt sich sehr leicht daraus, dass sie im Korn, im Bindemittel u. s. w. den Lagen nach ungleichmäßige Zusammensetzung, also auch verschiedene chemische und physikalische Eigenschaften besitzen, die sich gegen Frost und Wärme, Regen und Schnee verschieden verhalten. Solche Gesteine zerfallen in der Regel sehr leicht. Bedauerlicherweise sieht man gerade sie in der modernen Architektur viel verwendet, weil sie angeblich dekorativ wirken. Die Verwendung derartiger, bezüglich ihrer Festigkeit minderwertiger Gesteine wird sich in späterer Zeit gewiss rächen.

Die Beobachtung der Schichtung bei den sedimentären Gesteinen ist für technische Zwecke sehr wichtig. Beim Abbau spaltet das Gestein, wenn nicht Schieferung vorhanden ist (die unten besprochen wird), am besten nach der Schichtfläche, wobei Anhäufung von Glimmerblättchen die Spaltbarkeit noch erhöht, natürlich bei übermäßigem Vorhandensein das Gestein auch minderwertig machen kann. Die Schichtungsrichtung ist ferner von bedeutendem Einfluss auf die Druckfestigkeit. Diese ist senkrecht zur Schichtung ganz erheblich größer als parallel zu ihr.

Die Ausbreitung oder Verbreitung einer Schicht kann sehr verschieden sein. Es gibt gewisse Gesteine, die sich in fast gleichbleibender Mächtigkeit über außerordentlich große Flächen erstrecken; in anderen Fällen keilen mächtige Bänke in wenigen hundert Metern aus, sodass sie sich nur als in einem Becken oder in einer Rinne abgelagert erweisen. Bei Anlage eines Steinbruches wird über derartige Verhältnisse in den meisten Fällen die geologische Spezialkarte Aufschluss geben. Auch die Zusammensetzung der Gesteine kann wechseln. Bei Sandsteinen ist z. B. auf Menge und Art des Bindemittels, bei Kalksteinen z. B. auf die Dolomitisierung in der Nähe von Verwerfungsspalten zu achten.

Bei der Erstreckung einer Schicht spricht man von ihrem Streichen und ihrem Fallen. Diese Ausdrücke finden auch bei Gängen und bei Verwerfungsspalten oder -klüften Anwendung.

Unter Fallen versteht man den Winkel, den eine Fläche mit der Horizontalen bildet, und die Himmelsrichtung, nach welcher sie geneigt ist. Das Streichen steht

Fig. 23. *Streichen und Fallen, durch Linie und Pfeil auf einer Schichtfläche von Grauwacke angedeutet.*  
*Innerste-Tal, Harz. Nach F. Rinne.*



senkrecht zu dem geneigten Schenkel dieses Fallwinkels, bezeichnet somit die Himmelsrichtung, nach welcher sich die Schicht oder Fläche erstreckt; Fig. 23. Auf den geologischen Spezialkarten bezeichnet man Streichen und Fallen bei nicht horizontal gelagerten Schichten durch einen Strich in der Himmelsrichtung und einen senkrechten Pfeil mit einer Zahl. Es bedeutet also  $\downarrow 20^\circ$ : die Schicht streicht NW—SO und fällt mit  $20^\circ$  nach NO ein.

Für die Anlage und den Betrieb eines Steinbruches muss das Streichen und Fallen der Schichten wohl beachtet werden. Denn vor allem muss sich der Geländeerwerb danach richten, nach welchem Gebiet am Berge die bauwürdigen Schichten sich fortsetzen. Der Abbau wird besonders durch das Fallen beeinflusst. Fallen die Schichten vom Berge fort, also nach dem Steinbruche zu, so

ist die Ablösung der Platten oder Bänke und das Abgleiten längs der Schichtfläche nach der Sohle des Bruches erheblich erleichtert, es bedingt diese Lagerung aber auch besondere Beobachtungen wegen der Gefahren, da Blöcke auch unvorhergesehen sich lösen und zu Tal fahren können. Bei Unterminierungsarbeiten muss bei derartiger Lagerung wegen etwa auftretender Ablösungsflächen senkrecht zu den Schichtflächen die größte Vorsicht angewendet werden. Fallen die Schichten gegen den Berg, also von der Abbaufäche fort, so ist die Hereingewinnung von größeren Werkstücken erschwert; man greift dann mächtige Bänke besser von der Seite her an, aber das Abfahren von sich lösenden Massen ist so gut wie ausgeschlossen.

Gesteine, bei denen sich die einzelnen Körner so innig berühren, dass keine wahrnehmbaren Hohlräume bleiben, nennt man kompakt; das kommt hauptsächlich

bei kristallinen Gesteinen vor. Sind Hohlräume vorhanden, so ist das Gestein porös. Die Poren können so klein sein, dass man sie mit dem bloßen Auge gar nicht sieht. Trotzdem muss der Grad der Porosität festgestellt werden wegen der Wasseraufnahmefähigkeit. Das ist besonders bei Pflastersteinen wie bei allen anderen Gesteinen in Bauten, die den Atmosphären ausgesetzt sind, von Bedeutung, weil sie durch die Frostwirkung rissig werden und schließlich unter der Belastung zerfallen. Pflastersteine, die nach Lagerung im Wasser viel davon zurückhalten, werden mancherorts als „Wassersüffer“ bezeichnet und bei der Lieferung beanstandet. Bei grob porösen Gesteinen pflegt die Frostwirkung nicht in solchem Maße oder garnicht schädlich zu wirken, weil genügend Raum zur Ausdehnung des gefrierenden Wassers vorhanden ist, und weil es überhaupt nicht so intensiv zurückgehalten wird wie in den feinen Poren. Der Stein trocknet also leichter wieder aus.

Die Druckfestigkeit ist im wassersatten Zustande in der Regel geringer als im trockenen.

Es sei bemerkt, dass wohl kein Gestein, außer den Gläsern, vollständig frei von Kapillarräumen ist. Eine geringe Wasseraufnahmefähigkeit ist darum stets vorhanden, die sich z. B. in der sogenannten Bruchfeuchtigkeit oder Bergfeuchtigkeit äußert. Es ist technisch von Wichtigkeit, dass sich die Gesteine bruchfeucht besser und regelmäßiger spalten lassen (s. u.), als wenn sie bereits mehrere Tage durch starke Sonnenbestrahlung ausgetrocknet sind.

Zellig nennt man Gesteine mit größeren eckigen Hohlräumen, blasig solche mit runden, wie sie namentlich bei vulkanischen Schlacken und Laven (Basaltlava) vorkommen; sind die einzelnen Bläschen nur noch durch dünne Wände voneinander getrennt, so wird die Struktur schaumig (Bimsstein). Solche zelligen und blasigen Gesteine sind oft nur in geringem Maße wasseraufnahmefähig, weil die einzelnen Hohlräume nicht miteinander in Verbindung stehen.

Besitzen blasige und poröse Gesteine genügende Druckfestigkeit, so sind sie für viele Bauzwecke, namentlich zum Hochbau sehr geeignet, denn sie sind relativ leicht und wegen ihres Gehaltes an Luft schlechte Wärmeleiter.

Die oolithische Struktur kommt lediglich bei Kalksteinen vor. Es gibt zwar auch Kieseloolithe, das sind aber nachträglich verkieselte Kalksteine. Die Oolithe (griechisch *oon*, das Ei; *lithos*, Stein) sind mehr oder minder kugelige, meist etwa hirsekorngroße Kalkkörner, die durch dichten Kalk verkittet sind. Werden die Körner größer, so spricht man von Rogensteinen. Erbsensteine nennt man die kugeligen Absätze heißer Quellen. Sie sind besonders von Karlsbad bekannt.

Über schiefrige Struktur siehe Schluss des folgenden Paragraphen.

**§ 5. Einwirkung der Gebirgsstörungen auf die Lagerungsverhältnisse und Struktur der Gesteine.** Die sedimentären (geschichteten) Gesteine sind zum weitaus größten Teile ursprünglich horizontal abgelagert worden. Einzelne Ausnahmen, wie die Kreuzschichtung, Windschichtung, Art der Ablagerung in Aufschüttungsterrassen in Fluss- und Deltabildungen sind oben kurz erwähnt worden.

Man beobachtet nun aber sehr oft in Steinbrüchen, dass die Gesteinslagen, denen man nachgeht, unter Winkeln gegen den Horizont geneigt, ja dass sie gebogen und gefaltet sind. Ferner treten Ablösungsflächen in einer oder in mehreren Richtungen auf, die nicht mit der Schichtung übereinstimmen, und die auf den Abbau sehr störend einwirken. Oder es kommen Verwerfungen vor; das sind weit fortstreichende Bruch-

flächen, längs deren die Gesteinsbänke gegeneinander verschoben sind, und da solche Verschiebungen häufig viele Meter betragen, so kann es vorkommen, dass dadurch die Fortsetzung des Abbaues in einem Steinbruche über die Trennungsfläche hinaus unmöglich wird.

Diese Unregelmäßigkeiten, die man unter dem Begriff der Gebirgsstörungen zusammenfasst, sind die Folgen der Einwirkung der gebirgsbildenden Kräfte, die in der Erdrinde tätig sind.

Man nimmt in der Geologie an, dass das Volumen des ursprünglich glutflüssigen Erdkörpers durch die fortschreitende Abkühlung immer kleiner geworden ist. Die feste Rinde muss darum auch allmählich zu groß für den inneren Kern geworden sein. Daraus ergibt sich der Schluss, dessen Richtigkeit durch gewisse Beobachtungen bestätigt wird, dass die die Rinde zusammensetzenden Gesteine unter der uns erreichbaren Teufe keine einheitlich gebaute, geschlossene Masse darstellen können, sondern dass sie von großen Teilen geringerer Dichte und von mächtigen Hohlräumen durchsetzt ist. Manche von diesen sind durch nachdringende glutflüssige Massen nachträglich gefüllt worden (Tiefengesteine, Lakkolithen), andere werden jedoch von dicken Decken gewölbeartig überspannt, die auf ihr Widerlager einen gewaltigen Druck ausüben müssen. Befindet oder befand sich an einer solchen Stelle des Widerlagers eine Masse mit geringerem Widerstande, so musste diese nachgeben, sie wurde in Schollen zerbrochen, die zusammengeschoben wurden; die Gesteine wurden seitlich gepresst, gestaucht, im großen gefaltet oder auch bis ins einzelne gefältelt und als Gebirge (Faltengebirge) emporgedrückt, während das Gewölbe entsprechend sich senkte.

Die aus der Tiefe empordringenden, glutflüssigen Gesteinsmassen verstärkten unter gewissen Verhältnissen diese gebirgsbildenden Kräfte noch; man spricht auch ihnen in der neueren Geologie, abweichend von früheren Anschauungen, eine aktive Wirkung bei der Gebirgsbildung zu. Mit der Entfernung von den Faltengebirgen in ihr Vorland beobachtet man die allmähliche Abnahme der Kräfte, doch haben sie in geringerem Maße meist noch auf weite Gebiete eingewirkt. Nur ist es nicht mehr zu der hohen Auffaltung gekommen, sondern es wurden nur noch flachere Mulden und Sättel erzeugt, Schollen wurden zerbrochen und gegeneinander verschoben oder verworfen. Es entstanden Grabenversenkungen mit staffelartigen Abbrüchen, und andererseits blieben wieder horstartig Schollen stehen oder wurden vielleicht auch noch relativ emporgespresst.

Die einfachsten Fälle der Gebirgsstörungen, wie sie in Steinbrüchen häufig beobachtet werden, sind in den beistehenden schematischen Figuren dargestellt.

Fig. 24.

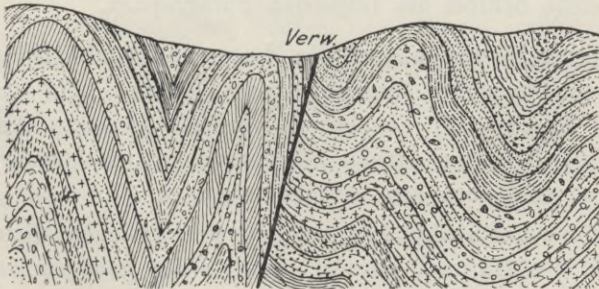


Fig. 24 zeigt gefaltete, geknickte, gebrochene und verschobene Schichten, wie sie in Deutschland im rheinischen Schiefergebirge, im Harz, im östlichen Thüringen und anderen Orten häufig zu beobachten sind. Namentlich an den Knickungen, Wölbungen und Verwerfungen pflegt das Gestein stark zertrümmert zu sein.

Fig. 25 stellt einen einfachen Sattel mit anschließender Mulde dar. Solche Schichtenstörung beobachtet man häufig in den deutschen Mittelgebirgen, z. B. im Berg-

lande zwischen dem Harz und dem rheinischen Schiefergebirge. Auch da bemerkt man an den stärker gebogenen Stellen mehr oder minder starke Zerklüftung. Mulden und Sättel sind manchmal nur sehr flach gewölbt und dann für den Abbau weniger störend.



Fig. 25.

Fig. 26 zeigt das Bild einer einfachen Verwerfung. Längs der Verwerfungsfläche, die sich hier in der Aufrissfläche als Linie projiziert, sind die Schichten *a*, *b*, *c* in die Tiefe gesunken. Sehr oft ist eine Verwerfungskluft vorhanden, die entweder noch jetzt klaffend sein kann oder nachträglich durch eingestürztes oder nachgestürztes Gebirge oder auch durch Absätze aus zirkulierenden Gewässern ausgefüllt sein kann. Häufig ist die Verwerfungsspalte mit einer manchmal mehrere Meter mächtigen Reibungsbrecie erfüllt, die aus dem zermalmten Gestein besteht, das bei der Verschiebung der Gebirgsschollen erzeugt wurde. Die Verwerfungsspalte wird im anstoßenden Gestein in der Regel von mehr oder minder parallelen Klüften begleitet.

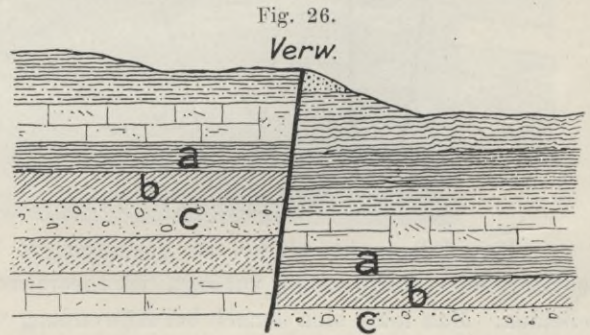


Fig. 26.

Verwerfungsflächen können senkrecht zur Horizontale stehen, aber auch beliebige Winkel bilden; sie können gegen das Gebirge einfallen oder von ihm fortfallen. Sie können auch ganz flach liegen. Überschiebungsflächen liegen mitunter fast horizontal. Zuweilen beobachtet man an der Verwerfung eine Schleppung der Schichten, wie es Fig. 27 darstellen soll, bei festen Bänken unter starker Zertrümmerung.

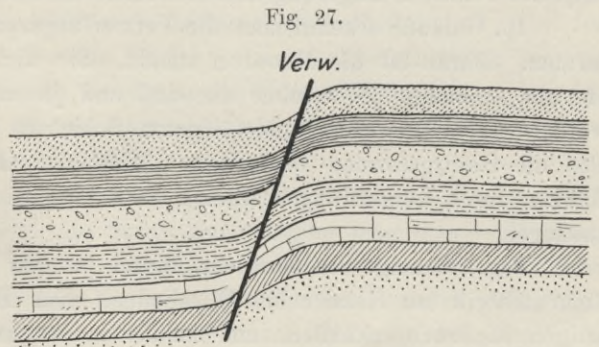


Fig. 27.

Sind die Gebirgsschollen am Rande eines Gebirgsstockes etagenartig abgebrochen, so spricht man von staffelförmiger Absenkung oder von einem Staffelbruch. Das ist z. B. an vielen Stellen der Gebirge, die das Mittelrheintal begrenzen, zu beobachten. Auf den kristallinen Kern folgen dort, nach der Ebene zu, durch viele Verwerfungen geschieden, erst Buntsandstein, dann Muschelkalk, Keuper, Jura, Tertiär, so dass oftmals verschiedenaltige Schichten durch Verwerfung begrenzt im Gelände nebeneinander lagern, während doch die jüngeren höher liegen müssten. Beobachtet man

Fig. 28.

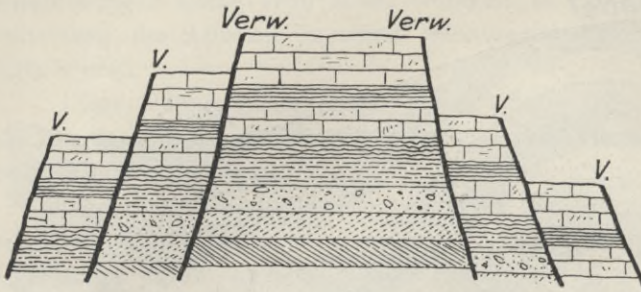
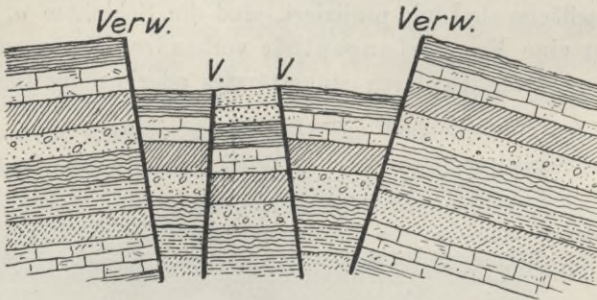


Fig. 29.



solche Abbrüche auf beiden Seiten eines Gebirgsstockes, so nennt man ihn, der die stehen gebliebene, eventuell aber auch die emporgepresste Masse darstellt, einen Horst. Fig. 28 stellt einen Horst mit beiderseitiger staffelförmiger Absenkung der Gebirgsschollen dar.

Demgegenüber ist in Fig. 29 eine Grabenversenkung gezeichnet. Hier bilden die Randgebirge die stehengebliebenen oder auch emporgepressten Teile, während die Schollen in der Mitte gegen sie eingesunken sind. Das eingesunkene Gebirge ist gewöhnlich in sich wiederum stark verbrochen, wobei die einzelnen Schollen verschiedene Höhenlage und verschiedene Neigung gegeneinander haben können.

Es sei bemerkt: ob bei der gegenseitigen Verschiebung von Gebirgsschollen Absenkung oder Aufpressung vorliegt, ist theoretisch nicht immer mit Sicherheit zu entscheiden. Man muss sich danach bei Anwendung von Ausdrücken, wie Horst und Graben, nach der relativen Lagerung und dem Alter der aneinander absetzenden Schichten richten.

Im Gelände erkennt man die Verwerfungsspalten nicht immer an den Oberflächenformen. Daran ist die Erosion schuld. Sie wirkt einebnend und trägt die Schichten ab, um so mehr, je weicher sie sind und je mehr Angriffsfläche sie gewähren. Es werden dabei die widerstandsfähigsten Schichten herausgearbeitet. Durch sie werden also die Gebirgsformen beeinflusst. Wird die Grenze zwischen harten und weichen Bänken durch Verwerfung bestimmt, dann liegt diese gewöhnlich in der Nähe des Steilanstieges.

Fig. 30 zeigt die nördliche Wand in dem Kalksteinbruch der Dyckerhoff'schen Zementfabrik am Hessler bei Wiesbaden. Das Bild lässt in der Mitte einen grabenartigen Einbruch erkennen, und an der rechts anschließenden Wand sieht man zahlreiche kleinere Verwerfungen die Kalke durchsetzen.

Die Erscheinung ist sehr häufig, dass eine Verwerfung von einer ganzen Anzahl mehr oder minder parallel gerichteter Sprünge und auch noch von Querbrüchen begleitet ist. Die Verschiebungen der Schichten sind an diesen nicht nur unbedeutend, sie fehlen oft auch ganz, und das Gestein weist nur eine sehr starke Zertrümmerung auf. Kommt man mit dem Abbau in einem Steinbruch in eine solche Bruchzone, so kann der weitere Betrieb unmöglich werden. Es empfiehlt sich beim Anschlagen von zerbrochenem Gebirge wenn möglich einen schmalen Stollen senkrecht zum Streichen der Verwerfung vortreiben zu lassen, um festzustellen, ob das verworfene und zertrümmerte Gestein überwunden werden kann, oder ob es nicht rentabler ist, den Betrieb



Fig. 30. Steinbruch der Dyckerhoff'schen Zementfabrik am Hessler bei Wiesbaden.



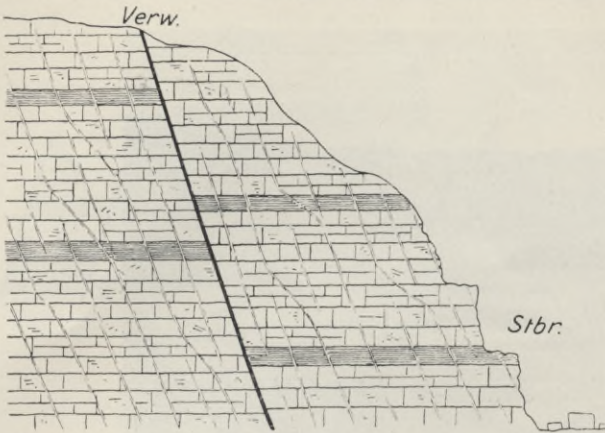
an dieser Stelle einzustellen, die Bruchzone zu umfahren oder erst in einiger Entfernung wieder einzuschlagen.

Die Verwerfungsspalten sind, wie erwähnt, manchmal klaffend und häufig mit einer lockeren Zerreibungsbreccie, die aber auch nachträglich verkittet und sehr fest geworden sein kann, ausgefüllt. Diese Breccie erreicht manchmal beträchtliche Mächtigkeit (bis zu 20 m und mehr). Die Wände, an denen die Verschiebung erfolgt ist, sind zuweilen geglättet, ja so gut poliert, dass sie Glanz besitzen (Harnisch), oder sie sind mit Rutschflächen oder mit Schrammen versehen.

Das Auftreten von Verwerfungen sollte vor Anlage eines Steinbruches sorgfältig festgestellt werden. Viele Unglücksfälle, die durch Rutschungen oder durch plötzliches Hereinbrechen großer Blöcke oder Wände entstehen, sind auf sie zurückzuführen, namentlich wenn der Abbau senkrecht zum Streichen der Spalten vor sich geht. Zum mindesten ist es ratsam, dass in Gebieten, die nach dieser Richtung hin verdächtig sind, nicht von steilen Wänden herunter gearbeitet, unterminiert und gestürzt wird, sondern dass, selbst wenn die Betriebskosten dadurch etwas höher werden, in breiten Terrassen gebaut und dass stets eine breite Fläche der Deckschichten bis auf das Anstehende abgeräumt wird, wobei oft schon die Ablösungsflächen sichtbar werden, sodass man auf sie aufmerksam wird.

Besonders gefährlich sind Verwerfungsspalten und die sie begleitenden Klüfte dann, wenn sie schräg vom Berge fort, also nach dem Bruch hin fallen, wie Fig. 31 schematisch zeigt. Da beim Abbau das Widerlager am Fuße beseitigt wird, so wird das Abschieben der oberen Gesteinsmassen sehr erleichtert und das um so mehr, als stets neben den streichenden Spalten auch Querklüfte vorhanden sind.

Fig. 31.



In manchen Gegenden, z. B. in den deutschen Mittelgebirgen, machen sich die Wirkungen des Gebirgsdruckes in anderer Weise für die Steingewinnung störend bemerkbar. Es treten nicht eigentliche Verwerfungen auf, das Gestein ist vielmehr nur von einer Menge von Klüften und Spalten, oder von Absonderungsflächen in mehreren Richtungen durchsetzt, die die Gewinnung größerer Blöcke, selbst solcher für die Herstellung von Pflastersteinen, unmöglich machen.

Auch die Verwitterung erzeugt solche Klüftigkeit. Diese ist aber leicht zu erkennen und ist auf die Oberfläche oder auch auf die Nachbarschaft von Verwerfungen, auf denen Wasser zirkuliert, beschränkt.

Die vom Gebirgsdruck erzeugte Klüftigkeit durchsetzt ganz frische Gesteine; sie verschwindet oder vermindert sich nach dem Berge zu in der Regel nicht, sodass solches Gestein höchstens zur Erzeugung von Kleinschlag abgebaut werden könnte, was allein gewöhnlich nicht lohnt.

Vereinzelt kommen Klüfte, die als Folge der Gebirgsbildung anzusehen sind, in Deutschland an vielen Stellen vor; man beobachtet sie auch in vielen massigen Gesteinen, z. B. an den Gebirgsrändern zu beiden Seiten des Rheintales. Diese relativ wenigen wirken meist nicht so störend, sie fördern oft sogar den Abbau, da sie besonders bei körnigen Tiefengesteinen, aber auch Melaphyren und Porphyren, das Hereingewinnen großer Blöcke erleichtern.

Diese Art der Klüfte sind in Eruptivgesteinen nicht selten durch neugebildete Minerale wieder verkittet. Als Verkittungsmasse treten Quarz, Epidot, Kalkspat u. s. w. auf. Ist die Verkittung eine ganz dichte, so kann, namentlich durch Quarz und Epidot, der Zusammenhang so fest wieder hergestellt sein, dass das Gestein sich auch beim Schlag oder Stoß längs dieser Fläche nicht mehr trennt. Indessen ist es ratsam, Werksteine mit solchen weißen, grünlichen oder roten „Adern“ dieser Art als zweite Sorte auszuscheiden, da sie vielfach, z. B. als Bord- und Pflastersteine, nicht mit Unrecht beanstandet werden.

Eine besondere und weitverbreitete Art der Gesteinsabsonderung, die durch die gebirgsbildenden Kräfte erzeugt worden ist, ist die Schieferung; sie tritt besonders im gefalteten Gebirge auf und ist am charakteristischsten bei Tonschiefern ausgebildet. Durch die Schieferung haben die Gesteine eine Spaltbarkeit nach parallelen Ebenen erhalten, die so weit gehen kann, dass das Gestein mit Leichtigkeit sich in millimeterdünne Scheiben trennen lässt (Dachschiefer). Die Flächen sind in der Regel eben, wenn nicht gröbere Einschlüsse oder Versteinerungen auftreten.

Die Schieferung ist nicht zu verwechseln mit der Schichtung. Diese letztere ist in schiefrigem Gesteine meist nur noch sehr undeutlich erkennbar. Man findet sie durch schärfere Beobachtung am Gesteinswechsel, an der Anordnung der Versteinerungen und an gewissen Trennungsflächen, die manchmal an den Felswänden infolge der Verwitte-

rung als parallele Rinnen besser kenntlich werden. Schichtung und Schieferung fallen nur selten zusammen, meist verläuft die Schieferungsrichtung unter einem Winkel gegen die Schichtung, und während die letztere in einem Gebirge an verschiedenen Stellen infolge von Lagerungsstörungen verschieden sein und bei der Faltung besonders verschiedenes Fallen annehmen kann, pflegt die Schieferungsrichtung weithin die gleiche zu bleiben.

Mitunter kommt es vor, dass eine Gesteinsmasse von zwei Schieferungsrichtungen durchsetzt wird; dann ist sie so stark klüftig, dass sie für bauliche Zwecke nicht gewinnbar ist. Die sogenannten Griffelschiefer sind derartige Gesteine.

**§ 6. Die Absonderung der Eruptivgesteine und ihre Teilbarkeit.** Auch bei den Eruptivgesteinen beobachtet man sehr häufig mehr oder minder parallel verlaufende Trennungsflächen. Teilweise sind solche, wie im vorigen Abschnitt besprochen wurde, auf die Wirkungen des Gebirgsdruckes und an der Oberfläche eventuell auf Verwitterungsvorgänge zurückzuführen. Bei besonders charakteristischen und häufigen Fällen sind sie jedoch als Trennungs- oder Zerreißungsflächen zu erklären, die bei der Abkühlung der heißen Gesteinsmassen infolge der damit verbundenen Volumverkleinerung entstanden sind. Solche regelmäßige Absonderung tritt bei ganz frischen Gesteinen auf und verliert sich beim Abbau mit dem Vordringen nach dem Berge zu nicht.

Die plattige Absonderung, Fig. 32, oder Bankung kommt bei körnigen, porphyrischen und dichten Gesteinen vor. Die Eruptivmasse wird dabei von parallelen Flächen durchzogen. Diese verlaufen bei manchen Gesteinen parallel zur Oberfläche, liegen also mehr oder minder horizontal, bei anderen stehen sie annähernd senkrecht dazu.

Durchsetzen solche Flächen die Gesteine in größeren Abständen, so sind sie sehr vorteilhaft für die Steingewinnung, denn man kann durch Setzen von Keilen in die Klüfte leicht große Platten oder Blöcke lösen. Häufen sie sich jedoch, so dass das Gestein dünnplattig wird, dann lohnt der Abbau in der Regel nicht, weil man nur Kleinschlag erzeugen kann, höchstens noch Mosaiksteine.

Die Ablösungsflächen sind mitunter ein wenig gekrümmt; das kann bei manchen Gesteinen, selbst bei Graniten so weit gehen, dass krummschalige Absonderung entsteht.

Besonders bei Basalten ist die säulenförmige Absonderung verbreitet; sie kommt, jedoch seltener, auch bei anderen, porphyrischen oder dichten Gesteinen vor. Die Säulen pflegen sechsseitigen, auch vier- und fünfseitigen, seltener dreiseitigen Querschnitt zu haben; ihr Durchmesser beträgt meistens 15 bis 20 cm, jedoch werden sie

Fig. 32. *Plattige Absonderung in einer Basaltdecke.  
Gedern im Vogelsberg.*

Phot. W. Schottler.



auch pfeilerartig 50 bis 60 cm oder noch mehr dick; Fig. 33. In manchen Aufschlüssen stehen sie senkrecht, in anderen sind sie horizontal angeordnet, oft sind sie aber auch gekrümmt, sodass sie strahlenförmig nach außen verlaufen, um senkrecht an der Abkühlungsfläche abzusetzen.

Fig. 33.

*Pfeilerförmige Absonderung in einer Decke von Trappbasalt (Anamesit).  
Groß-Steinheim bei Hanau.*

Phot. W. Schottler.

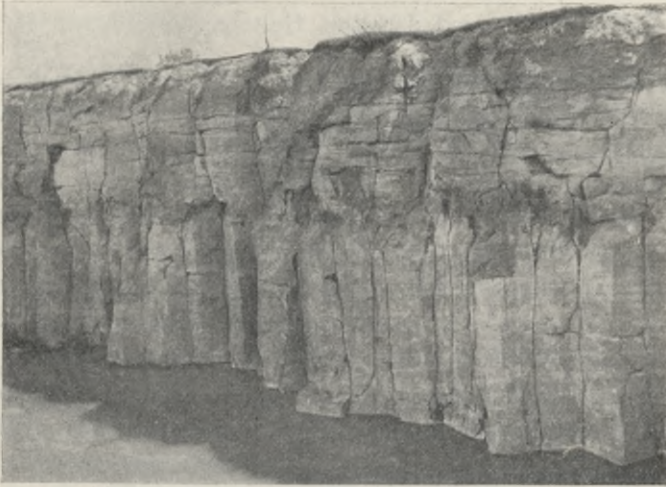


Fig. 34.

*Kugelförmige Absonderung im Basalt. Steinberg bei Gießen.*

Phot. G. Klemm.



Häufig beobachtet man eine Quergliederung der Säulen in mehr oder minder große Teilstücke, ja selbst in verhältnismäßig dünne Platten. Solche Glieder nehmen oft Kugelgestalt an und zerfallen unter dem Einfluss der Verwitterung in konzentrische Schalen.

Bei manchen Eruptivgesteinen verläuft die Absonderung unregelmäßig, oder die Flächen schneiden sich unterschiedlichen Winkeln; dann zerfällt das Gestein in polyedrische oder parallelepipedische Blöcke.

Kugelige Absonderung kommt bei manchen Diabasen, auch Basalten u. a. vor; Fig. 34.

Viele Eruptivgesteine, darunter auch die körnigen, besitzen Trennungsfächen, die dem bloßen Auge nicht wahrnehmbar sind; man nennt sie *Gare* oder *Lager*. Der Steinarbeiter kennt sie wohl und weiß, dass besonders im bruchfeuchten Zustande unter scharfem Schlag nach ihnen leicht ebene Flächen zu schlagen sind. Verwittert das Gestein, so treten diese Flächen deut-

lich hervor. Die *Gare* verläuft in der Regel parallel den Absonderungsfächen oder den durch Gebirgsdruck erzeugten Trennungsfächen.

**§ 7. Das Vorkommen von Versteinerungen.** Versteinerungen (Fossilien) sind in den sedimentären und zwar sowohl in den klastischen, wie in den Ausscheidungssedimenten verbreitet. Sie sind bekanntlich für die Altersbestimmung, wie für andere

wissenschaftliche Untersuchungen von hohem Werte. Werden beim Abbau von Gesteinen wohlerhaltene Fossilreste gefunden, insbesondere auch Knochen, so empfiehlt es sich, einen Geologen oder eine wissenschaftliche geologische Anstalt oder Sammlung davon zu benachrichtigen.

Bei Werksteinen kann das Vorkommen von Versteinerungen, hauptsächlich von Muscheln und Schnecken u. s. w. sehr störend wirken, in anderen Fällen schaden sie nicht, ja man sieht sie unter Umständen sehr gern. Das kommt darauf an, wie stark die Einschlüsse dieser Art mit dem Gestein verwachsen, ob sie dicht mit fester Gesteinsmasse erfüllt sind, oder ob sie teilweise oder ganz als Hohlräume erscheinen.

In vielen Gesteinen, am meisten in den Sandsteinen, zirkulieren Gewässer. Diese haben die Kalkschalen der Versteinerungen aufgelöst. Es bleibt dann entweder ein Hohlraum zurück, an dessen Wänden die Skulpturen des Fossils erhalten sind, oder es ist nur teilweise ein schmaler hohler Raum vorhanden, der der ursprünglichen Schale entspricht, während das übrige durch einen Steinkern erfüllt ist, der aus der Gesteinsmasse besteht, die das Innere der Muschel oder Schnecke u. s. w. bei deren Einbettung erfüllte. Diese Fälle kommen bei Sandsteinen häufig vor, und da die Versteinerungen oft lagenweise angereichert sind, so entstehen an solchen Stellen Orte geringerer Festigkeit, nach denen während der Bearbeitung des Werkstückes, mitunter auch beim Transport, große Blöcke, Säulen, Platten zerbrechen, nachdem sie bereits fertiggestellt waren. Eine ähnliche unliebsame Spaltbarkeit kann durch Pflanzenreste hervorgerufen werden, die als sehr dünne Häutchen mit oder ohne Rest der verkohlten Pflanzensubstanz auf den Schichtflächen ausgebreitet zu sein pflegen.

Auch bei manchen Kalksteinen kommt die eben beschriebene, nachträgliche Auflösung der Versteinerungen vor, namentlich wenn sie mehr oder minder dolomitisiert sind. Zuweilen sind aber dann die Hohlräume auch nachträglich wieder mit Kalkspat ausgefüllt worden.

Im allgemeinen übt das Vorkommen von Versteinerungen bei Kalksteinen keinen störenden Einfluss aus, selbst wenn solche, wie es im Schaumkalk, der ja zur Zeit ein außerordentlich beliebtes Baumaterial bei monumentalen Hochbauten abgibt, der Fall ist, angehäuft und oft auch nachträglich durch Auflösung wieder entfernt sind, weil der Kalk ein dichteres und darum festeres Material ist als die porösen und meist doch ziemlich bindemittelarmen Sandsteine.

Bei dichten, politurfähigen oder gar marmorisierten Kalksteinen, wie den sogenannten Muschel- und Korallenmarmoren oder Krinoidenkalken des Devons und Kohlenkalkes sieht man das Vorkommen der Versteinerungen sehr gern; sie bedingen sogar das wechselvolle und interessante Aussehen der polierten Flächen. Diese Fossilien sind so dicht mit dem Gestein verwachsen, dass sie meist nicht herausgeschlagen werden können; sie sind ganz von meist rötlichem oder weißen Kalkspat erfüllt.

In den Tertiärkalken, die zur Zementfabrikation abgebaut werden, kommen kleine Muscheln und Schneckenschalen oft zu Milliarden vor, ganze Schichten allein erfüllend. Sie können, da sie aus reinem kohlen-sauren Kalk bestehen, so gut verwendet werden wie der umgebende Kalk oder Mergel.

**§ 8. Die Verwitterung und Zersetzung der Gesteine.** Unter Verwitterungserscheinungen versteht man diejenigen Umänderungen an den Gesteinen, die durch die Einwirkung der Atmosphärien, also durch Wasser, Eis, Regen und Schnee, Frost und Hitze oder auch durch Organismen, hauptsächlich Pflanzen verursacht werden.

Sie sind teils chemischer und teils physikalischer Art. Sie wirken im wesentlichen auf die Oberfläche der Gesteine ein und schreiten von da vorwärts; es ist aber auch zu berücksichtigen, dass auf Verwerfungsspalten, Klüften u. s. w. Wasser von oben her in die Tiefe hinabsinkt, von da seitlich in die Gesteine eindringen und Umänderungen veranlassen kann.

Von der Verwitterung ist die Zersetzung zu unterscheiden. Auch sie ruft Umwandlung und Zerstörung der Gesteine hervor, aber diese gehen häufig nicht von der Erdoberfläche aus, sind also nicht durch atmosphärische Gewässer veranlasst, sondern durch aus der Tiefe empordringende Mineralwasser, Gase und Dämpfe und sind darum auch nicht auf die Oberfläche beschränkt, sondern setzen sich oft weit in die Tiefe fort.

Bei der physikalischen Verwitterung der Gesteine in unseren Klimaten spielen Frost und Hitze, Feuchtigkeit und die zersprengende Wirkung des Eises die wesentlichste Rolle. In fein poröse oder in mit feinsten, unsichtbaren Rissen durchsetzte Gesteine dringt kapillar Wasser ein, und infolge der Ausdehnung beim Gefrieren wird das Gefüge ganz allmählich gelockert. Bei Sandsteinen kann schließlich vollständiger Zerfall zu Sand als Endresultat erscheinen, und zwar unterliegen diesem Schicksal solche mit ungleichmäßigem Korn, wechselnder Menge des Bindemittels und unregelmäßiger Schichtung am meisten (Kreuzschichtung).

In der Nähe des Meeres und in besonderen Fällen in der Nähe stark salzhaltiger Quellen oder Sprudel (Bad Nauheim) äußert sich die Frostwirkung in besonders hohem Maße, weil in der feuchten Luft auch Spuren von Salzen verteilt sind, die mit in die Kapillaren der zu Bauwerken verwandten Gesteine eindringen. Die Salze haben hygroskopische Eigenschaften; sie verursachen also eine stärkere Durchfeuchtung und damit eine verstärkte Frostwirkung. An besonders gefährdeten Stellen sollte man darum poröse Gesteine nicht verwenden. Am besten eignen sich dann politurfähige dichte Kalksteine.

Die chemische Verwitterung wird dadurch bedingt, dass die Niederschlagswasser stets eine gewisse geringe Menge an Sauerstoff und Kohlensäure enthalten, nach Weinschenk stets auch noch Spuren von Salzsäure und Schwefelsäure, die in den zirkulierenden atmosphärischen Gewässern im Abdampfückstand nachweisbar seien. In großen Städten, Industriezentren u. s. w. spielt die chemische Verwitterung der Bausteine eine sehr wichtige Rolle, weil sie durch Gase, die den Schornsteinen entweichen, in erster Linie durch schwefelige Säure in hohem Maße gefördert wird. Gewisse Kalksteine, nach Erich Kaiser namentlich solche von besonders dichtem Korn, überziehen sich unter ihrer Einwirkung mit einer Schutzrinde, die nach seiner Meinung z. T. aus Kalziumsulfid, z. T. aus Kalziumsulfat besteht.<sup>3)</sup>

Bei der chemischen Verwitterung der Gesteine der Erdoberfläche werden diesen durch Lösung gewisse Stoffe entzogen. Andererseits werden auch Stoffe hinzugeführt oder es finden Umsetzungen statt, sodass es auch zu Mineralneubildungen in verwitternden Gesteinen kommt. Kalk, Gips, Salze werden leicht aufgelöst. Aus Sandsteinen mit kalkigem Bindemittel, auch aus dolomitischen Gesteinen wird der Kalkspat ausgelaugt, sodass sie porös werden.

Bei den Eruptivgesteinen beginnt die chemische Verwitterung in der Regel an den Feldspäten, die dann im Dünnschliff durch eine graue, grieselige Masse, die bei fortgeschrittener Umwandlung schließlich ganz undurchsichtig wird, getrübt erscheinen.

<sup>3)</sup> Vergl. Prof. Dr. E. Kaiser, Über Rindenbildung an Kalksteinen. Steinbruch 1910, Heft 18, S. 254.

Es entsteht aus der Feldspatsubstanz wasserhaltiges Tonerdesilikat, das nach mechanischer Trennung durch Ausschlämmen und Wiederabsetzen die Grundsubstanz für die Tonlager liefert. Hand in Hand mit der Zerstörung der Feldspäte geht die Umwandlung des Eisens, das aus der Oxydulverbindung in wasserhaltiges oder wasserfreies Eisenoxyd übergeführt wird.

Die Umsetzung des Eisens macht sich namentlich bei hellen Gesteinen, wie den Graniten, dem Auge zuerst bemerkbar, indem von der Oberfläche oder von Spalten oder Klüften ausgehend eine gelbliche oder hellbräunliche Färbung des Gesteins erscheint, die sich manchmal weithin erstreckt. Solches Gestein ist nicht mehr frisch und zeigt stets durch Verwitterung angegriffene Feldspäte. Wenn auch z. B. Granite in solchem Zustande noch nicht unbrauchbar zu sein brauchen, so dürfen sie doch keinesfalls als beste Sorte angeliefert werden.

Unter Einwirkung von Humussäure werden die Gesteine gebleicht. Bleichung von sonst namentlich durch Eisen rot gefärbten Sandsteinen (z. B. Buntsandstein) beobachtet man nicht selten in der Nähe von Verwerfungsspalten in ziemlich breiten Zonen.

An der Oberfläche arbeitet die Verwitterung naturgemäß von den Absonderungsflächen, Spalten und Sprüngen aus. Diese werden erweitert, die Kanten des Gesteins gerundet. Es entstehen die bekannten, landschaftlich reizvollen Oberflächenformen: Säulen, scheinbar aufgetürmte Platten, Felsenmeere, wollsackähnliche Gestalten, Kugeln u. s. w. Je tiefer man aber mit dem Abbau gegen den Berg vordringt, um so mehr verlieren sich in dem frischer werdenden Gestein die Absonderungsflächen und -formen.

Die Zersetzung der Gesteine ist hauptsächlich in der Nähe von Eruptionsgebieten zu beobachten, sie vollzieht oder vollzog sich unter dem Einfluss heißer Quellen, die mit Kohlensäure und anderen Stoffen beladen sind. Diese steigen auf Spalten oder Verwerfungen empor, dringen seitlich in Klüfte, Poren, Risse der Gesteine ein und verändern sie weitgehend. Die Zersetzung geht also in solchen Fällen von der Tiefe aus und setzt sich dementsprechend auch nicht immer bis an die Oberfläche fort. Als wichtigste Folge der Zersetzungs Vorgänge ist die Kaolinisierung der Feldspatgesteine anzusehen. In anderen Fällen kommt es infolge der Einwirkung der Dämpfe und anderen Stoffe zu verschiedenen Mineral-Neu- und Umbildungen.

Zersetzungs Vorgänge können in manchen Fällen auch von der Erdoberfläche ausgehen oder ausgegangen sein, z. B. in der Nähe von Mineralquellen, wobei Mineralwasser von oben her einwirkte. In ihrer Wirkung sind die Vorgänge bei der chemischen Verwitterung der Gesteine durch die Einwirkung kohlensäurehaltigen atmosphärischen Wassers von gewissen Zersetzungs Vorgängen schwer zu trennen. Nur muss man berücksichtigen, dass die weitgehenden Zersetzungs zonen an die Tiefe und an wesentlich erhöhte Temperaturen bei ihrer Entstehung gebunden sind, während die chemische Verwitterung unter den Temperaturen der Erdoberfläche oder doch unter denjenigen vor sich geht, die in den obersten Zonen der Erdrinde herrschen. Ferner fällt es auf, dass bei der Zersetzung, wie sie besonders zu der erwähnten Kaolinisierung der Granite führte, andere Stoffe wie Kali, Natron, Phosphorsäure u. s. w. gänzlich entfernt sind und nur Kaolinerde mit Quarzkörnern gemischt zurückgeblieben ist.

Die außerordentlich komplizierten Vorgänge bei der chemischen Verwitterung und Zersetzung können hier nicht eingehend erörtert werden; wir verweisen diesbezüglich auf die speziellen Lehrbücher der Petrographie. Soweit solche Vorgänge für natürliche Bausteine in Betracht kommen oder bei der Gewinnung der Gesteine im Gebirge beachtet werden müssen, sind sie bei der speziellen Beschreibung erwähnt.

Für die bauliche Verwendung eines Gesteins ist es von größter Wichtigkeit, dass man sich davon überzeugt, ob es frisch ist, oder ob etwa Verwitterungs- oder Zersetzungserscheinungen in stärkerem Grade zu bemerken sind. Die Druckfestigkeit und Zähigkeit ist bei frischem Zustande wesentlich größer und ebenso der Widerstand gegen die Abnutzung und gegen den Einfluss der Atmosphärien.

Der Unterschied, der bei gewissen Pflastersteinsorten (Melaphyr, Basalt) zwischen Hartgestein und Weichgestein gemacht wird, beruht hauptsächlich auf dem Grade der mehr oder minder vorgeschrittenen Umwandlung namentlich der Feldspäte. Da man eine bestimmte Grenze zwischen hart und weich in diesem Falle gar nicht festlegen kann, so ist die Unterscheidung ziemlich willkürlich.

In manchen Fällen, z. B. bei den Basalten, versteht man unter Hartgestein den dichten, kompakten Basalt, während man als Weichgestein die feinporigen Massen bezeichnet, die allerdings infolge ihrer Porosität häufig einen höheren Grad der Verwitterung erreicht haben.

## II. Beschreibung der wichtigsten natürlichen Gesteine, die für Bauzwecke verwendet werden.

Es sollen im folgenden die Gesteine in die gleichen Gruppen zusammengefasst und in derselben Reihenfolge behandelt werden, die allgemein in der Geologie angewendet wird, nämlich:

- die Eruptivgesteine,
- die Sedimentgesteine,
- die kristallinen Schiefergesteine.

**§ 9. Die Eruptivgesteine.** Die Eruptivgesteine sind in ihrer äußeren Erscheinung dadurch charakterisiert, dass sie niemals echte Schichtung besitzen, wie sie den Gesteinen, die aus Luft oder Wasser abgelagert sind, eigen ist. Mit der Schichtung ist indessen eine gewisse Parallelstruktur nicht zu verwechseln, die auch bei den Eruptivgesteinen vorkommen kann, und die infolge von Druckwirkungen noch während der Erstarrung oder später durch Einwirkung der gebirgsbildenden Kräfte entstanden ist, oder die als Fluidalstruktur, bei der die tafelig oder säulig ausgebildeten Gemengteile in der Stromrichtung parallel angeordnet sind, ausgeprägt ist. Die Struktur der Eruptivgesteine ist also allgemein massig und ihre Lagerung ist durchgreifend, das heißt, sie durchdringen die anderen Gesteine.

Unter Tiefengesteinen (plutonischen Gesteinen) versteht man ausgedehnte Gesteinsmassen, die nicht bis an die Oberfläche der Erde emporgedrungen sind, sondern sich im glutflüssigen Zustande in vorhandene Hohlräume in der Erdkrinde ergossen haben, welch' letztere auch durch Emporpressen der oberen Schichten, vielleicht vielfach unter gleichzeitiger Mitwirkung gebirgsbildender Kräfte erst erzeugt oder doch erweitert sein können. In der neueren Petrographie findet man auch die Annahme, dass solche Hohlräume durch Ausschmelzen entstanden oder doch wesentlich erweitert seien, wobei die geschmolzenen Massen von dem Magma aufgenommen wurden. Dadurch ist in den äußeren Zonen des erstarrenden Gesteins eine von ihrem inneren Kern abweichende Randfacies hervorgerufen worden. Die Tiefengesteine waren also ursprünglich ringsum von älteren Gesteinen umgeben; sie sind infolge dessen langsam erkaltet und besitzen in der Regel körnige Struktur. Die umgebenden Gesteine wurden unter der Einwirkung



von Druck, Hitze, sowie von aus dem Magma entweichenden, überhitzten Wasser- und anderen Dämpfen mehr oder minder weitgehend verändert.

Man spricht bei den Tiefengesteinen von einem Batholithen oder Stock, wenn es eine große, unregelmäßig ausgebreitete Masse darstellt.

Lakkolithen nennt man kleinere oder größere derartige Gesteinsmassen, die linsenförmig gewölbte obere Grenzfläche besitzen und zwischen Sedimentgesteine eingeschaltet sind.

Unter „Gang“ versteht man die Ausfüllung von Spalten, die aber nicht immer zugleich auch Verwerfungen sein müssen. Je nachdem der Gang breiter oder schmaler, die Abkühlung der Gesteinsmasse schnell oder langsam erfolgt ist, wird er körnige oder porphyrische Struktur besitzen, wird also in dem einen Falle den Tiefen-, im anderen den Ergussgesteinen in seiner Ausbildung gleichen. Ein Gang kann als Quergang Gesteine aller Art durchsetzen, er kann auch eine Strecke weit zwischen die Schichtfugen sedimentärer Gesteine eingedrungen sein, dann spricht man von einem Lagergang. Kleinere Gänge können sich von dem Hauptgang abzweigen, das sind Nebengänge oder Apophysen. Hat die glutflüssige Masse das anstoßende Gestein auf kleineren Spalten in großer Zahl durchdrungen, so werden diese oft sehr feinen Gänge als Trümer bezeichnet.

Die äußeren oder Grenzzonen eines Ganges an der Berührungsfläche mit dem Nebengestein nennt man die Salbänder.

Von den Tiefengesteinen abzweigend setzen häufig Gänge weithin in das Nebengestein fort und erreichen nicht immer die Oberfläche.

Bei Basalten, aber auch bei anderen Gesteinen kommen sogenannte Stielgänge oder Schlotgänge vor, das sind die Ausfüllungen röhrenartiger Eruptionskanäle, die sich nach oben erweitern können.

Mit dem Namen Ergussgesteine oder nach Rinne „Oberflächengesteine“ (vulkanische Gesteine) fasst man diejenigen Gesteine zusammen, die die Erdoberfläche bei ihrem Empordringen als Lava erreichten und sich über sie mehr oder weniger weit ausbreiteten.

Hat sich diese glühende Lava in meist nicht sehr breite, oft aber lange Rinnen ergossen, so spricht man von einem Strom, hat sie sich auf weitere Flächen ausgebreitet, dann ist es eine Decke. Es liegen nicht selten mehrere, aufeinander folgenden Eruptionsperioden angehörende Ströme oder Decken über- und nebeneinander. Sind über Gesteinsdecken später wieder Sedimentgesteine abgesetzt worden, so erscheinen erstere jetzt als Lager zwischen ihnen. Endlich kommen auch, namentlich bei Basalten, Eruptivgesteins-Kuppen vor. Es gibt primäre und sekundäre Kuppen. Eine primäre Kuppe ist dadurch entstanden, dass das Ende eines Stielganges durch Erosion freigelegt wurde. Die Kuppe hat also in diesem Falle den Stielgang als Wurzel. Eine sekundäre Kuppe stellt einen Rest einer Vulkandecke oder eines Stromes dar, von denen die übrigen Teile durch Erosion entfernt sind.

Die Oberflächengesteine sind in der Regel von porphyrischer, dichter, oft auch glasiger Struktur. Blasen und Blasengänge sind für manche sehr charakteristisch. Sie sind oft von Tuffen und Auswürflingen begleitet.

Unter einem vulkanischen Tuff versteht man ursprünglich lockeres, vulkanisches Material (Asche und Auswürflinge), das nachträglich unter der Einwirkung von Wasser durch ein Bindemittel verfestigt sein kann. Die größeren Auswürflinge werden als Bomben, Lapilli, auch Rapilli, bezeichnet.

Die Einteilung der Eruptivgesteine ist von altersher auf ihre mineralogische Zusammensetzung begründet worden. Demgegenüber wird in der neueren petrographischen Wissenschaft für die systematische Gliederung großer Wert auf die chemische Zusammensetzung gelegt. Viele wichtigen Verhältnisse sind in der Tat ohne eingehendes Studium der letzteren gar nicht zu verstehen. Die Namen, die den Gesteinen gegeben worden sind, gelten immer für die typische Ausbildung. In der Natur gibt es aber die mannigfaltigsten Übergänge, die nicht allein durch die von physikalischen Bedingungen abhängige Struktur hervorgerufen worden sind, sondern eben als eine Folge der wechselnden chemischen Zusammensetzung erscheinen. So z. B. kann ein an Kieselsäure reicher Granit mit freiem Quarz, ohne dass man eine Grenze bestimmen kann, unter Abnahme des Kieselsäuregehaltes in Syenit übergehen, wobei vielleicht Hornblendegranit eine Mittelstufe darstellt. Der freie Quarz verschwindet mehr und mehr, und es tritt u. a. eine Vermehrung der alkalischen Erden und des Eisens ein, wodurch die Hornblende als dunkler Gemengteil zur Herrschaft gelangt. Ähnliche Übergänge gibt es zwischen Granit und Quarzdiorit (die Tonalite), oder unter den Dioriten zwischen Hornblendediorit, Hornblendeaugitdiorit und Augitdiorit u. s. w.

Für die wissenschaftliche Gesteinslehre ist das Auftreten der sogenannten Spaltungsgesteine oder Schizolithe von großem Interesse. Man kann deren Zusammenhang mit anderen Gesteinen geologisch und petrographisch nur verstehen, wenn man die chemischen Vorgänge während der Erstarrung berücksichtigt. Diese Gesteine können in dem vorliegenden Buche nicht ausführlich behandelt werden, weil sie als Bausteine nur wenig und dann nur in der nächsten Umgebung von ihrem Vorkommen verwendet werden. Sie treten lediglich als Ganggesteine oder als Randgesteine von größeren Massiven auf und sind von dem ursprünglichen, normalen Magma als helle, saure (kieselsäurereiche), oder als dunkle, basische (kieselsäurearme) Gemenge abgetrennt worden, oder sie sind auch als Reste, nachdem bereits der größte Teil der übrigen Masse erstarrt war, übrig geblieben.

Es kommen bei den Tiefengesteinen auch noch Randgesteine anderer Art vor, die von dem normalen Gestein in ihrer Zusammensetzung wesentlich abweichen können. Ihre Entstehung erklärt man sich, wie oben schon erwähnt wurde, dadurch, dass die empordringende glutflüssige Masse Teile des älteren Nebengesteins zum Schmelzen gebracht und die geschmolzene Masse dann absorbiert hat.

Bei der folgenden speziellen Beschreibung der Eruptivgesteine sind die chemischen Verhältnisse, soweit es der Fortschritt der Wissenschaft erfordert, berücksichtigt worden, allein es muss doch die mineralogische Zusammensetzung in den Vordergrund gestellt werden. Wir stimmen Rinne bei, wenn er sagt, dass „der Mineralbestand und das Gefüge ganz besonders und unmittelbar auffallende, naturwissenschaftlich sehr wichtige Merkmale eines Gesteins sind“. Sie sind es in hervorragendem Maße für den Zweck, dem hier gedient werden soll. Für den Abbau von Bausteinen kommen nur die in großen Massen auftretenden und dabei möglichst gleichmäßig ausgebildeten Gesteine in Betracht; Mineralbestand, Erhaltung und Gefüge sind dann die ausschlaggebenden Faktoren für die bauliche Verwendung.

In der älteren Gesteinskunde hat man ferner bei der Einteilung und Unterscheidung der Gesteine großes Gewicht auf das geologische Alter gelegt. Man nahm z. B. an, dass die Tiefengesteine und die von ihnen abzweigenden Gänge immer ein hohes geologisches Alter besitzen müssten, und dass die Ergussgesteine hauptsächlich auf die tertiären und nachtertiären Epochen beschränkt oder doch petrographisch erheblich von denen älterer

Zeiten verschieden seien. Die neuere Forschung hat anderes gelehrt. Sie hat bewiesen, dass die chemische Zusammensetzung der Magmen, aus denen die Gesteine der älteren Epochen entstanden sind, von denen der tertiären und nachtertiären Perioden nicht verschieden ist. Da nun auch die physikalischen Bedingungen, unter denen die Erstarrung erfolgt, unter gleichen geologischen Verhältnissen die gleichen sein müssen, so können gleichartige Gesteine in allen Epochen eruptiver Tätigkeit entstanden sein und noch entstehen. Es können also z. B. Granite ebensogut als Tiefengesteine in Hohlräumen der Erdkrinde im Tertiär zur Erstarrung gekommen sein, wie es in paläozoischer Zeit geschah und vielleicht auch heute noch an allerdings für die Forschung zunächst nicht zugänglichen Stellen in der Tiefe der Fall sein kann. Ebenso kennt man vulkanische Ergussgesteine in alten und jungen Formationen, die man im Bruchstück, wenn man ihre geologische Herkunft nicht kennt, gar nicht oder nur schwer voneinander unterscheiden kann.

Es ist also sehr wohl als berechtigt anzuerkennen, wenn in neuerer Zeit manche Petrographen die Forderung aufstellen, bei der systematischen Gliederung der Gesteine das geologische Alter als Unterscheidungsmerkmal auszuschalten. In außerdeutschen Ländern wird das indessen leichter durchzuführen sein, als bei uns. Für die deutschen geologischen Verhältnisse ist es eigentümlich, dass nach der Ablagerung des Rotliegenden bis zum Tertiär die vulkanische Tätigkeit ruhte. Es besteht also bei uns zwischen den alteruptiven und jungeruptiven Gesteinen ein sehr großer Altersunterschied ohne vermittelnde Zwischenglieder. Der macht sich auch bemerkbar und zwar besonders bei den Oberflächengesteinen am Erhaltungszustand, indem im allgemeinen — wenn auch keineswegs immer — die jungvulkanischen Gesteine frischer zu sein pflegen, als die altvulkanischen.

Es kommt hinzu, dass in der Praxis gewisse, nach ihrem geologischen Vorkommen in Deutschland gut definierte Gesteinsnamen eingebürgert sind. Es würde ganz ohne Not eine große Verwirrung hervorrufen, wenn man diese Namen jetzt in den praktischen Lehrbüchern ändern wollte. Jedenfalls würde dadurch das Ansehen und Vertrauen zur wissenschaftlichen Petrographie in technischen Kreisen nicht gefördert werden.

Wir werden darum in der folgenden Beschreibung die wichtigsten eingebürgerten Gesteinsnamen beibehalten, auch so weit sie im wesentlichen nur durch den Altersunterschied bedingt sind, aber trotzdem nicht unterlassen, auf den inneren Zusammenhang aufmerksam zu machen.

Für die Bestimmung und Einteilung der Gesteine für die Praxis nach ihren äußeren Merkmalen, also in erster Linie nach dem Mineralgehalt, der nur unter Benutzung von Dünnschliff und Mikroskop vollständig und sicher erkannt werden kann, muss zuerst der Feldspatgehalt festgestellt werden. Danach gliedert sich die Menge der Eruptivgesteine in Feldspatgesteine und feldspatfreie Gesteine.

Die Feldspatgesteine sind weitaus die verbreitetsten. Bei ihnen kommt es nun weiter darauf an, ob sie Kalifeldspat, also Orthoklas, oder Natronkalkfeldspat oder Plagioklas enthalten, man hat also weiter Orthoklasgesteine und Plagioklasgesteine zu unterscheiden. Zwischen beiden steht eine allerdings technisch nicht sehr wichtige Gesteinsreihe mit hohem Natrongehalt, der zum großen Teil aus den Feldspäten stammt; das sind Natronfeldspäte. Jedoch pflegen auch andere Gemengteile (z. B. Pyroxen, Amphibol und Nephelin) in diesen Natrongesteinen natronreich zu sein. Feldspatfreie Gesteine sind nur in geringer Menge verbreitet, und technisch spielt eigentlich nur Serpentin eine wichtige Rolle. Sie sind darum in der speziellen Beschreibung immer bei den verwandten Feldspatgesteinen im Anhang besprochen.

Die weitere Gliederung der Feldspatgesteine stützt sich auf den Gehalt an farbigen Gemengteilen, das sind also Glimmer, Hornblende und Pyroxen (Augit, Diallag, Enstatit, Bronzit, Hypersthen) und endlich darauf, ob freie Kieselsäure, d. h. Quarz vorhanden ist oder nicht. Bei gewissen kieselsäurearmen Gesteinen kann auch noch nach dem Vorkommen oder Fehlen von Olivin eine weitere Gliederung durchgeführt werden.

Bezüglich der chemischen Zusammensetzung kann man im allgemeinen sagen, dass mit abnehmendem Gehalt an Kieselsäure eine Zunahme von Kalk, Magnesia und Tonerde und damit zusammenhängend eine Zunahme an farbigen (dunklen) Gemengteilen zu beobachten ist.

Für die weitere Einteilung der Gesteine ist dann die Struktur maßgebend, ob sie also körnig, porphyrisch, dicht oder glasig sind.

### a) Die Orthoklasgesteine.

#### Der Granit.

Der Granit ist ein körniges Gestein. Seine wesentlichen Gemengteile sind Orthoklas, neben dem aber fast immer auch etwas mehr oder weniger Plagioklas vorhanden ist, Quarz und ein oder mehrere farbige Minerale: Glimmer, Hornblende, manchmal auch Augit.

Unter den nicht wesentlichen (akzessorischen) Gemengteilen pflegen Eisenerze und Apatit nicht zu fehlen. Es treten ferner, gelegentlich sich auch anreichernd, auf: Turmalin, Zirkon, Granat und einige andere, die praktisch weniger wichtig sind.

Der Orthoklas ist weiß, fleischfarben oder etwas stärker rötlich, kann auch bläulichgrau oder grünlich gefärbt sein. Er ist in Form von Körnern verbreitet, die nicht selten einzelne Kristallflächen zeigen. Gut ausgebildete Kristalle kommen nur unter den sogenannten Einsprenglingen vor, das sind große Individuen, die in manchen Graniten regellos in der Masse verteilt sind.

Der Plagioklas, auch in Körnern, ist gewöhnlich weiß, seltener mit schwachem grünlichen oder gelblichen Farbenton. Alle Feldspäte sind makroskopisch undurchsichtig, fallen aber durch ihre ebenen, perlmutterglänzenden Bruchflächen auf. Im Dünnschliff unter dem Mikroskop werden sie, wenn sie frisch sind, durchsichtig.

Der Quarz ist gewöhnlich farblos, manchmal aber getrübt und erscheint dann weißlich bis hellgrau, manchmal ist er bläulich. Er ist an seinem muscheligen Bruch und dem Fettglanz kenntlich und auch mit bloßem Auge leicht vom Feldspat zu unterscheiden. Kristallumriss besitzt er gewöhnlich nicht, die Körner sind regellos geformt.

Der Glimmer tritt in manchen Graniten als heller Kaliglimmer oder Muskovit, in anderen als dunkler, meist brauner, manchmal grünlicher Magnesiaglimmer oder Biotit auf. Es gibt auch zweiglimmerige Granite, in denen beide Arten verbreitet sind. Der Glimmergehalt tritt in manchen Gesteinen gegenüber Quarz und Feldspat sehr stark zurück.

Hornblende ist in vielen Graniten verbreitet, sie erscheint dem bloßen Auge schwarz, im Dünnschliff zeigt sie grüne, manchmal auch braune Farben, neben ihr kommt in manchen Graniten auch Augit vor. Beide treten als unregelmäßig begrenzte Körner auf.

Man unterscheidet nach der mineralogischen Zusammensetzung folgende Arten:

Muskovitgranit, in ihm kommt als farbiger Gemengteil nur der helle Kaliglimmer oder Muskovit vor.

Biotitgranit oder Granitit, das ist ein in Deutschland weit verbreitetes Gestein, in dem allein der dunkle Magnesiaglimmer herrscht.

Zweiglimmeriger Granit oder Biotitmuskovitgranit mit Kali- und Magnesiaglimmer.

Hornblendebiotitgranit oder Hornblendegranitit nennt man Gesteine, in denen die im Namen angedeuteten beiden Minerale als dunkle Gemengteile enthalten sind; sie führen zu dem

Hornblendegranit (Amphibolgranit), in dem neben Feldspat und Quarz die Hornblende als wesentlicher Gemengteil erscheint, der nicht selten in großer Menge vorhanden ist und dann dem Gestein eine dunklere graue Färbung verleiht.

Mit dem Namen Tonalit hat man Gesteine belegt, die sich an die Hornblendebiotitgranite anschließen, bei denen aber der Orthoklas zugunsten des Plagioklases stark zurücktritt. Die wesentlichen Gemengteile sind also Quarz, Plagioklas, Biotit und Hornblende und nur untergeordnet Orthoklas. Solche Tonalite bilden den Übergang zu den unten beschriebenen Quarzglimmerdioriten.

In manchen Graniten reichern sich gewisse akzessorische Gemengteile so an, dass sie dem Gestein ein charakteristisches Aussehen verleihen. Dazu gehört:

Der Turmalingranit, in dem schwarze, große Kristalle von Turmalin teils einzeln, teils zu sonnenförmigen oder strahligen Gruppen verwachsen, in Menge verteilt sind. Geschliffen und poliert bieten solche Platten ein eigenartiges, interessantes Aussehen. Es sei bemerkt, dass der Turmalin durch seine große Härte = 8 sich wesentlich von den übrigen Gemengteilen unterscheidet.

Eine besondere Granitart, die wegen ihrer schönen Färbung in den deutschen Steinschleifereien oft verarbeitet wird, ist der Rapakiwi. Er kommt in der norddeutschen Ebene nur als Findling vor. Anstehend ist er namentlich aus Finnland, vom finnischen Meerbusen bei Wiborg u. a. O. bekannt. Er ist ein unregelmäßig grobkörniger Hornblendebiotitgranit mit Orthoklasen in roten und rosaen Farben und grünlichem Plagioklas. Die dunklen Varietäten sollen leichter verwittern als die helleren.

Auch nach der Struktur werden verschiedene Arten unterschieden. Der Granit ist in seiner normalen Ausbildung ein gleichmäßig und richtungslos körniges Gestein; nach der Korngröße bezeichnet man es als feinkörnig, mittelkörnig oder grobkörnig. Liegen in der sonst gleichmäßig körnigen Gesteinsmasse große Einsprenglinge, meist große Feldspäte mit gutem Kristallriss, so spricht man von einem porphyrischen Granit. Sehr grobkörnige Granite, häufig mit lebhaften Farben, kommen namentlich in Schweden vor; sie werden vielfach in deutschen Steinschleifereien verarbeitet. Über die grobkörnigen Pegmatite s. u.

Eine eigenartige, von der im allgemeinen so gleichmäßig körnigen Struktur abweichende Ausbildung, die noch durch Unterschiede in der Färbung besonders auffallend wird, macht sich bei manchen Graniten dadurch geltend, dass in der Masse unregelmäßig verteilte, kleinere oder größere, bald scharf, bald weniger scharf begrenzte helle oder dunkle Gesteinspartien, sogenannte Putzen oder Flecken oder auch langgezogene und gewundene Schlieren vorkommen. Die meisten Petrographen erklären sie als

Ausscheidungen aus dem Magma, und zwar die hellen als saure, kieselsäurereiche, mit viel Quarz und Feldspat, die dunklen als basische, kieselsäureärmere mit vorwaltenden dunklen Gemengteilen, wie Glimmer und Hornblende. Andere dagegen halten sie, wenigstens zum Teil, für Einschlüsse von älteren, ursprünglichen Schiefergesteinen, die in das glutflüssige Magma eingebettet wurden und dann eine Umkristallisation erfuhren oder auch mehr oder minder resorbiert wurden (s. o.).

Bei den Kugelgraniten, die wohl gelegentlich zu polierten Platten verarbeitet werden, sind die kugelartigen Partien gehäuft und zeigen oft im Querschnitt einen zonenartigen Bau, indem dunkle und helle Gesteinsmasse abwechseln.

Solche Ausscheidungen oder Einschlüsse, Flecken oder Putzen im Granit werden bei Gesteinslieferungen vielfach beanstandet, oft mit Unrecht. Es ist allerdings richtig, dass man an manchen Granitoberflächen in der Natur beobachtet, dass besonders die dunklen Putzen stärker verwittert sind, als die Umgebung, dass sie manchmal auch ganz herausgewittert sind; dazu sind aber Jahrtausende notwendig gewesen. Für unsere Bauten dürfte der Unterschied in der Zusammensetzung bezüglich der Druckfestigkeit, Härte und Abnutzung kaum in Betracht kommen. Wo man also nicht eine bestimmte gleichmäßige Farbenwirkung erhalten will, sollte man bezüglich solcher Putzen nicht zu streng vorgehen, vorausgesetzt natürlich, dass es sich nicht um etwas anderes als die hier besprochene Ausbildung handelt.

Bei manchen Graniten macht sich eine gewisse Parallelstruktur bemerkbar. Sie besteht darin, dass die Glimmerblättchen, manchmal auch noch andere, tafelig oder säulig ausgebildeten Gemengteile parallel einer Fläche angeordnet sind. Alle derartigen Gesteine sind früher zu den Gneisen gerechnet worden. Die moderne Forschung hat gezeigt, dass solche parallele Anordnung in manchen Fällen als Fluidal- oder Flußstruktur zu erklären ist. Die bereits zähflüssige Masse hatte infolge von seitlichem Druck oder Nachschub nachträglich noch eine Vorwärtsbewegung erfahren, wobei sich die Gemengteile in der Flussrichtung anordneten und dann bei der vollständigen Erstarrung in dieser Lage verblieben.

Zu diesen parallelstruierten Gesteinen gehören die sogenannten Gneisgranite, ferner die Flasergneise oder Augengneise, bei denen die fluidale Anordnung um große Einsprenglinge herum besonders deutlich ausgeprägt ist, sodass sie geradezu ein schiefrißiges Aussehen erlangt haben. Auch die Protogingranite in den Alpen sind durch parallele Anordnung, namentlich der Glimmer, charakterisiert.

Die Granite sind im allgemeinen kompakte Gesteine, d. h. die Gemengteile schließen sich mit ihren Grenzflächen so eng aneinander an, dass keine Hohlräume und Poren vorhanden sind. Die Wasseraufnahmefähigkeit bei längerer Lagerung unter Wasser ist also gering. Es gibt indessen auch miarolithische Granite, die kleine Hohlräume (Miarolen), die mit Kriställchen ausgekleidet sind, besitzen. Diese sind in entsprechend höherem Maße fähig Wasser aufzusaugen und darum für manche technischen Zwecke weniger geeignet.

In Begleitung vieler Granitmassive treten Ganggesteine auf, die in ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung vom normalen Granit wesentlich abweichen. Sie werden in der neueren Petrographie als Spaltungsgesteine angesehen, die also als kieselsäurereichere oder als kieselsäureärmere Massen von dem ursprünglichen Magma abgetrennt wurden. Sie können auch als Randgesteine der Massive vorkommen.

Der Aplitgranit besteht aus Orthoklas, Quarz und Plagioklas, als farbige Gemengteile enthält er Biotit und Muskovit, sie treten aber an Menge gegen die übrigen

Gemengteile sehr zurück. Das Gestein ist darum immer hell gefärbt. Als akzessorische Gemengteile kommen Turmalin, Granat, Apatit u. a. vor. Die Aplite sind meist feinkörnige, auch sehr feinkörnige bis dichte Gesteine, die die normalen Granite durchsetzen, manchmal aber auch in das Nebengestein mehr oder minder weit eingedrungen sind.

Die Pegmatitgranite sind grobkörnige Gesteine mit großen, manchmal sogar sehr großen Kristallen von Orthoklas, Quarz und Muskovit, auch von Mikroklin und Plagioklasen. Sie werden an manchen Stellen auf Feldspat und Glimmer abgebaut. Charakteristisch ist für die Granitpegmatite das Vorkommen einer ganzen Reihe von sonst seltenen Mineralen und Erzen. Eine besondere Varietät sind die Schriftgranite, die nur aus Feldspat und Quarz bestehen, wobei der Quarz auf der Bruchfläche eigentümliche, eckige Gestalten aufweist, die entfernte Ähnlichkeit mit arabischen Schriftzeichen besitzen.

Von den dunklen, lamprophyrischen Ganggesteinen erscheinen in der Begleitung des Granites gewisse Minetten, soweit sie körnig ausgebildet sind. Ihre Hauptgemengteile sind Orthoklas und Biotit, daneben finden sich Plagioklas, auch Augit und seltener Hornblende. Der Quarz ist, wenn überhaupt, nur in untergeordnetem Maße verbreitet. Diese Gesteine gehen mehr oder minder in porphyrische Struktur über. Sie sind vielfach nicht mehr frisch, oft sogar stark zersetzt. Ihre technische Verwendung ist darum beschränkt.

Den Übergang zwischen dem Granit und dem unten beschriebenen Quarzporphyr bildet der Granitporphyr. Das Gestein tritt zumeist in Gängen auf, die von dem Granitmassiv abzweigend in das Nebengestein setzen. Die Struktur ist durchaus körnig. In einer gewöhnlich ziemlich feinkörnigen Grundmasse, die vorwiegend aus Feldspat (neben dem Orthoklas auch etwas Plagioklas) und Quarz besteht, zu denen sich farbige Gemengteile, namentlich Glimmer und Hornblende, nur in spärlicherem Maße gesellen, liegen größere Einsprenglinge von Orthoklas, Plagioklas und Quarz (letzterer oft in Kristallen). Wo das Gestein in breiteren Massen ansteht, ist es gewöhnlich frisch und für technische Zwecke, namentlich zum Straßenbau, sehr gut brauchbar, als Kleinschlag, Kleinpflaster und Reihenspflaster, aber auch zu Bordsteinen u. s. w. Die Granitporphyre nehmen sehr gut Politur an, sind also auch zur dekorativen Verwendung geeignet. Die Druckfestigkeit pflegt hoch zu sein.

Manche Granite haben infolge der gebirgsbildenden Vorgänge in der Erdrinde (Faltung) eine Pressung oder Quetschung erfahren, unter deren Einfluss gewisse schiefrige oder gneisartige Gesteine ihre nachmalige Beschaffenheit erlangt haben mögen. Derartige, durch Gebirgsdruck oder dynamometamorph veränderten Gesteine erkennt man unter dem Mikroskop an der Zertrümmerung oder Verbiegung vieler Gemengteile. Der Zusammenhang ist nun zwar sekundär, vielfach durch neugebildete Mineralien (Serizit u. a.) ziemlich vollkommen wieder hergestellt, allein es empfiehlt sich doch, bei der baulichen Verwendung derartiger gequetschten Granite Vorsicht walten zu lassen.

Der Granit ist ein weit verbreitetes Gestein. Sein geologisches Alter ist sehr verschieden. Viele gehören der archaischen Zeit, andere der paläozoischen Periode an. Für manche ist jüngeres Alter nachgewiesen. Es gibt mesozoische Granite, aber auch solche, die erst in der Tertiärzeit emporgedrungen sind.

Der Granit ist seiner Entstehung nach ein Tiefengestein; es müssen also an all den Stellen, wo er heute über Tage ansteht, gewaltige geologische Kräfte gewirkt haben, die sein Erscheinen an der Erdoberfläche möglich gemacht haben. Das sind hauptsächlich die Vorgänge bei der Gebirgsbildung gewesen: die Faltung und Empor-

pressung großer Massen, oder die relative Hebung und Absenkung großer Schollen, und dann die Verwitterung und Zerstörung der ursprünglich die Tiefengesteine überlagernden Schichten.

Die Granitmassive, Granitstöcke oder Granitlakkolithen besitzen in der Regel eine große Ausdehnung, so dass der Abbau in ihnen, wo es das Gelände erlaubt, großzügig betrieben werden kann. Wo dagegen das Gestein gangförmig auftritt, wird die Gewinnung in der Regel mit Schwierigkeiten zu kämpfen haben, weil man in der Breitenausdehnung beschränkt ist, und weil das Gestein an den Rändern (an den Salbändern) mancher Gänge eine andere Beschaffenheit als in der Gangmitte besitzt.

Für den Abbau ist die Beobachtung von Absonderungsflächen von großer Wichtigkeit. Solche treten gewöhnlich parallel unter sich in einer oder auch in mehreren Richtungen auf. Sie sind entweder bereits bei der Erstarrung des Gesteins infolge der Zusammenziehung entstanden, oder sie sind eine Folge der gebirgsbildenden Kräfte, also des Druckes. Durch solche Trennungsflächen wird eine Teilung in dicke Bänke (Bankung) hervorgerufen, es kommt aber auch plattenförmige und selbst säulenförmige Absonderung vor. Ist die Absonderung von Ursprung her, also infolge der Abkühlung vorhanden, so läuft sie gewöhnlich parallel der Oberfläche der granitischen Masse, in vielen Fällen auch heute noch horizontal, in anderen unter Winkeln gegen den Horizont. Die in einer späteren geologischen Periode durch den Gebirgsdruck hervorgerufenen Absonderungsflächen oder Klüfte gliedern dann das Gestein weiter unter Winkeln gegen die Bankung meist in mächtige, parallelepipedische Blöcke. Solche Zerteilung kann aber auch so weit gehen, dass sie sehr störend für die Gewinnung wird; das ist namentlich in der Nähe von Verwerfungsspalten der Fall, und dann sind die Kluffflächen auch nicht selten mit Zerreibungsmaterial, das nicht wieder genügend verfestigt ist, erfüllt. In der Technik bezeichnet man die feineren Spalten als Stiche; sie machen das sonst frische Material oft minderwertig. Vielfach sind sie so fein, dass sie erst deutlich hervortreten, wenn das Gestein nass ist; man sieht dann, dass sie mit weißer, rosaer bis roter, auch grünlicher Gesteinsmasse erfüllt sind, die, wenn keine Zerreibungsmasse vorhanden ist, meist aus neugebildetem Epidot und Quarz besteht, welche also den Riss ausgeheilt haben und zwar manchmal so gut, dass ein neuer Bruch bei der Bearbeitung eher daneben entsteht als längs des Stiches.

Besonders wenn der Granit — wie übrigens auch andere Gesteine — bruchfeucht bearbeitet wird, beobachtet man eine leichtere Teilbarkeit nach ebenen Flächen, die beim Spalten und Bossieren die Arbeit sehr erleichtert; sie wird als „Gare“ bezeichnet und verläuft in der Regel entweder parallel den übrigen Absonderungsflächen oder in der Richtung der Parallelanordnung gewisser Gemengteile. O. Herrmann glaubt beobachtet zu haben, dass die Gare im Gestein nach der Tiefe zu abnimmt; ich kann das an frischem Gestein nicht bestätigen. Rinne spricht die Ansicht aus, dass die Gare eine Folge von Druck sein könne, welcher sich bei der Gebirgsbildung oder bei der Zusammenziehung des erkaltenden Gesteins einstellte, der aber nur zu Spannungen, jedoch nicht bis zur Kluffbildung führte.

Von den Spalten, Klüften, Rissen und Haarrissen geht die Verwitterung aus, durch die die quaderartigen Blöcke nicht selten so herausgearbeitet wurden, dass sie wie zu Mauern oder Türmen aufgebaut stehengeblieben sind, oder als wollsackähnliche Gestalten in Felsenmeeren weite Flächen oder Abhänge bedecken. Es sind mancherorts mächtige solche Blockmassen zu überwinden, ehe man auf das anstehende Gestein kommt.



Zur Verwitterung neigen im allgemeinen die grobkörnigen Granite stärker als die feinkörnigeren. Man bemerkt sie am auffälligsten an den Feldspäten, die eine Umwandlung in muskovit- oder kaolinähnliche Massen erfahren. Dieser Vorgang ist deutlich im Dünnschliff unter dem Mikroskop zu erkennen, die zersetzten Feldspäte sind stärker getrübt, oder wenn gar keine frische Feldspatsubstanz mehr vorhanden ist, schließlich nicht mehr durchsichtig; beim Drehen des Objektisches und Beobachtung unter gekreuzten Nicols werden die Feldspatquerschnitte dann nicht mehr abwechselnd hell und dunkel, sie zeigen vielmehr die sogenannte Aggregatpolarisation, die sich durch dicht gehäufte, feinste, unregelmäßig aufleuchtende Pünktchen oder winzige Flächen kennzeichnet. Es sei übrigens bemerkt, dass ganz ungetriebte Orthoklase sehr selten sind; geringe Spuren einer Umwandlung bemerkt man fast immer. Auch das Eisen wird bald durch die chemische Verwitterung verändert, das Gestein nimmt dann gelblichen, bräunlichen oder rostfarbigen Ton an, und unter dem Mikroskop erkennt man, dass das entstandene Eisenoxydhydrat sich über die zersetzte Masse verteilt und auf den feinen Rissen abgesetzt hat, wo es in Form gelblicher oder hellbräunlicher Flecken zu sehen ist. Auch die dunklen Gemengteile, wie Biotit und Hornblende, aus denen oft das Eisen stammt, werden umgewandelt, es entstehen neue Mineralien: Chlorit, Serpentin, Epidot u. s. w. Der Quarz bleibt unverändert. Ist die Verwitterung sehr weit fortgeschritten, so zerfällt der Granit schließlich zu Grus, der als „Gartenkies“ zum Bestreuen der Wege gewonnen wird. In dem Grus liegen namentlich bei Hornblendegraniten häufig noch größere, kugelige Gebilde, die frisch geblieben sind; auch pegmatitische und aplitische Gänge durchsetzen die lockeren Massen noch als mehr oder minder frische Gesteine.

Die Kaolinisierung vieler Granite, die sich beim Abbau in manchen Fällen, besonders in der Nähe von Spalten, nach der Tiefe zu nicht verliert, schreibt Weinschenk der Einwirkung von Thermalquellen zu.

Hauptsächlich da, wo der Granit in größerer Masse zwischen geschichtetes Gebirge eingedrungen ist, hat er das Nebengestein (Phyllite, Tonschiefer, Kalke u. s. w.) stark verändert. Man bezeichnet diese Umwandlung als Kontaktmetamorphose; sie ist nicht selten bis auf mehrere Kilometer Entfernung von der Berührungsfäche ab zu verfolgen. Manche dieser mannigfaltigen, sogenannten Kontaktgesteine sind sehr zäh und widerstandsfähig und werden gelegentlich als Kleinschlag für Beschotterung verwendet. Sie sind bei den kristallinen Schiefen kurz besprochen.

Als mittlere Zahlen für die chemische Zusammensetzung des Granites gibt Rinne, gestützt auf Berechnungen von J. Roth, an:  $\text{SiO}_2$  72;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  16;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{FeO}$  1,5;  $\text{CaO}$  1,5;  $\text{MgO}$  0,5;  $\text{K}_2\text{O}$  6,5;  $\text{Na}_2\text{O}$  2,5%. Außerdem sind wohl stets kleine Mengen von Phosphorsäure (bis 0,5%) vorhanden. Die Zahlen schwanken natürlich bei verschiedenen Graniten. Der Kieselsäuregehalt steigt bei quarzreichen Gesteinen auf über 80% und fällt bei solchen mit hohem Gehalt an dunklen Gemengteilen bis auf weniger als 65%. Das spezifische Gewicht schwankt etwa zwischen 2,6 und 2,75. Die Druckfestigkeit der deutschen Granite kann im Mittelwert zu 1800 bis 2000 kg/qcm angenommen werden. Sie kann erheblich größer sein und selbst 3000 kg übersteigen, kann aber auch, namentlich bei grobkörnigen Arten, geringere Werte aufweisen.

Wenn der Granit frisch ist, wenn also vor allen Dingen die Feldspäte gut erhalten sind, ist er sehr wetterbeständig. Man hat an weit über tausend Jahre alten Bauwerken beobachtet, dass die Atmosphärien eine Zerstörung oder auch nur Lockerung des Gesteins nicht hervorgerufen haben. Es besteht also die auch von Hirschwald

so oft betonte Beobachtung, dass Gesteine, die nicht schon im Anstehenden verwittert waren, sich auch im Bauwerk in der Regel frisch erhalten. Politur ist noch ein Schutzmittel gegen die Einflüsse der Verwitterung.

Besonders zu bemerken ist das Verhalten des Granits gegen Feuer. Die sogenannte Feuerprobe, die mancherorts zur Prüfung granitischer Gesteine auf ihre Güte angewendet wird, ist nicht beweisend. Selbst der beste Granit hält eine Erhitzung im offenen Feuer auf viele hundert Grad und plötzliche Abkühlung nicht aus. Der Stein zerspringt dann in größere oder kleinere Blöcke oder zerbröckelt. Derartige Versuche überstehen überhaupt nur wenige Gesteine, ohne dass irgend welche Zerstörungserrscheinungen eintreten; die körnigen, und unter ihnen besonders Granite von größerem Korn, die bei ihrer Entstehung eine außerordentlich langsame Abkühlung erfahren haben, sind gegen schroffe und so hohe Temperaturwechsel verhältnismäßig am empfindlichsten.

In der Straße u. s. w. nutzen sich frische Granite nur langsam ab. Die vorherrschenden Gemengteile Feldspäte und Hornblende haben die Härte 6, sind also nur wenig weicher als Stahl. Quarz hat die Härte 7. Nur der Glimmer ist weich, er ist jedoch in der Regel in den technisch verwendbaren Gesteinen nur in geringer Menge vorhanden. Da der Quarz sehr spröde ist, auch die Hornblende spröder als Feldspat, so entsteht auf der Straße immer etwas feines Pulver, das schleifen hilft, das Gestein wird zwar je nach der Korngröße mehr oder minder eben, glättet sich aber nicht. Auch zur Beschotterung eignen sich die mittel- und feinkörnigen Gesteine gut, sie geben wegen ihres Quarzgehaltes keinen zähen Schlamm.

Die Verwendung granitischer Gesteine im Hochbau ist bedauerlicherweise unter der herrschenden Mode sehr zurückgegangen. Das Gestein lässt sich keineswegs allzu schwer bearbeiten; selbst feinere Ornamente lassen sich herstellen. Politur nimmt es vorzüglich an.

In den deutschen Steinschleifereien werden viele ausländische, namentlich schwedische Granite zu Grabmälern, Platten u. s. w. verarbeitet, besonders wegen ihrer schönen, lebhaften oder irisierenden Farben.

Bezüglich der schwedischen Pflastersteine, die zur Zeit in Deutschland einen weiten Absatz zum Nachteile der deutschen Industrie finden, sei nochmals ausdrücklich hervorgehoben, dass sie an Güte den guten deutschen Graniten in keiner Weise überlegen sind.

### **Der Granulit.**

Der Granulit hat in Deutschland nur untergeordnete Bedeutung; er ist am besten aus dem 50 km langen und 20 km breiten sächsischen Granulitgebirge, westlich und nördlich von Chemnitz, zwischen Döbeln und Hohenstein bekannt. Das Gestein wurde früher wegen seiner deutlich entwickelten Parallelstruktur zum Gneis gestellt, ist aber in neuerer Zeit an seinen Übergängen nach Granit u. s. w. und aus der kontakt-metamorphen Umwandlung seiner Nebengesteine u. a. als Eruptivgestein erkannt worden. In Sachsen tritt der Granulit in Form eines Lakkolithen auf. Er ist auch in Böhmen und Mähren, Ceylon und Indien verbreitet. Der Granulit ist feinkörnig bis dicht und von wechselnder mineralogischer Zusammensetzung.

Man unterscheidet unter den technisch verwertbaren Gesteinen den eigentlichen Weißstein, ein helles, ziemlich dichtes Gestein, das im wesentlichen aus Orthoklas und Quarz mit Granatkörnern besteht. Glimmer fehlt in ihm ganz. An Stelle des Granats tritt in anderen Aufschlüssen Biotit auf, und das Gestein wird mit dessen An-

reicherung zum Biotitgranulit, an dem man charakteristische Parallelstruktur erkennt. Wieder in anderen Aufschlüssen geht der Granulit in kieselsäureärmeren, dunklen Trappgranulit über, in dem Plagioklas und Augit die vorherrschenden Gemengteile sind. Dieser dunkle Granulit wechsellagert mit dem normalen oder bildet Linsen in ihm.

Granulit wird in Sachsen in einer Anzahl von Steinbrüchen abgebaut. Seine Verwendung erfolgt im Straßenbau und zur Beschotterung von Eisenbahnstrecken u. s. w. Auch Platten, z. B. für Trottoirs, werden gewonnen, wo entsprechende Absonderung vorhanden ist, oder parallelepipedische Blöcke für Fensterbänke, Treppenstufen, Bausteine u. s. w. Das Gestein ist zäh, aber spröde, nimmt Politur an und verhält sich etwa ähnlich wie ein feinkörniger Aplitgranit.

### **Quarzporphyr und Liparit (= Quarztrachyt).**

Quarzporphyr und Liparit sind Gesteine, bei denen die porphyrische Struktur in ausgezeichnetem Maße entwickelt ist. Man hat früher als Quarzporphyr die älteren, als Liparit oder Quarztrachyt (auch Rhyolith), die jüngeren, d. h. die tertiären und nachtertiären vulkanischen Gesteine bezeichnet, die nach ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung als Gang- oder Ergussgesteine der granitischen Reihe anzugliedern sind.

Wenn die Gesteine beider Art in der Natur in frischem Zustande vorkämen, könnte man sie nach der petrographischen Beschaffenheit nicht auseinanderhalten; eine Trennung wird nur dadurch ermöglicht, dass die älteren Gesteine, also die Quarzporphyre, in der Regel einen gewissen Grad von Zersetzung aufweisen, während die geologisch jüngeren Quarztrachyte oder Liparite frisch zu sein pflegen.

Liparite kommen in Deutschland nicht vor. Sie sind auf den liparischen Inseln, in Ungarn, Siebenbürgen u. a. O. verbreitet. Es sind meist sehr helle Gesteine, in denen als Einsprenglinge Sanidin und Quarz (letzterer fehlt auch manchmal) und in geringer Menge Biotit und Hornblende vorkommen. Die dem bloßen Auge dicht erscheinende Grundmasse kann sich unter dem Mikroskop als völlig auskristallisiert erweisen, enthält aber meist mehr oder weniger Glasmasse. Ist das Gestein ganz glasig erstarrt, so ist es Obsidian, schaumige Massen sind Bimssteine.

Quarzporphyre sind in Deutschland weit verbreitete Gesteine und kommen namentlich im Karbon und Rotliegenden vor. Sie bestehen aus einer dichten Grundmasse, in der Einsprenglinge von Orthoklas liegen, auch Plagioklase fehlen nicht; ferner von Quarz in Kristallen und mehr zurücktretend von Biotit und Hornblende oder auch Augit. Unter den Nebengemengteilen seien Erze, besonders Magnet Eisen und Eisenglanz genannt.

Die Grundmasse ist von den Einsprenglingen scharf geschieden, sie besteht aus den gleichen Mineralien, aber in winzigen Individuen. Im allgemeinen ist in ihrer Zusammensetzung zu bemerken, dass die dunklen (basischen) Gemengteile gegenüber Feldspat und Quarz in geringerer Menge erscheinen. Diese Grundmasse verleiht dem Gestein die Farbe, die kräftige Töne: gelb, rot, braun, violett, grün aufweist. Sie ist in der Regel mehr oder minder stark durch die Verwitterung umgewandelt; davon scheint zuerst das Glas ergriffen worden zu sein, das auch unter dem Mikroskop meist nicht mehr zu erkennen ist.

Manche Quarzporphyre zeigen Fluidalstruktur, die in geschliffenen und polierten Platten dem Gestein ein eigenartiges, durchaus nicht unschönes Aussehen verleiht.

Gesteine, die keine Einsprenglinge besitzen, also nur aus der dichten Grundmasse bestehen, nennt man Felsitfelse, Felsit oder Felsitporphyr, das sind rasch erstarrte Gesteine, bei denen aber das ursprüngliche Glas nachträglich verändert worden ist. Tonsteinporphyre sind zersetzte Felsite mit ebenem bis erdigem Bruch. Unverwittertes Quarzporphyrisches Gesteinsglas kommt vor z. B. bei Meißen, das ist der Pechstein. Dieses Glas unterscheidet sich vom Obsidian durch hohen Wassergehalt. Technisch verwendet wird es nicht.

In der chemischen Zusammensetzung sind die Quarztrachyte und Quarzporphyre den Graniten sehr ähnlich. Der Kieselsäuregehalt ist bei ersteren meist etwas höher.

Die Druckfestigkeit der Quarzporphyre wechselt je nach der Frische des Gesteins, sie überschreitet bei gutem Material 1500 kg/qcm bis über 3000 kg erheblich.

An einigen Stellen, in Deutschland bei Halle und Meißen, ist der Quarzporphyr in Kaolin umgewandelt, der für die Zwecke der Porzellanfabrikation abgebaut wird.

Wo der Quarzporphyr in großen Massen über Tage ansteht, zeigt er auch verschiedene Formen der Absonderung, z. B. in unregelmäßige, parallelepipedische Blöcke mit rechten und schiefen Winkeln, seltener auch in Säulen oder Pfeiler. Nicht selten ist plattenförmige Absonderung, die z. B. am Rheingrafenstein bei Kreuznach sehr schön zu beobachten ist.

Die Verwendung der Quarzporphyre ist infolge ihrer Struktur eine beschränkte. Wenn auch oben hervorgehoben wurde, dass die Grundmasse stets einen gewissen Grad der Verwitterung aufweist, so gibt es trotzdem äußerst feste und wetterbeständige Gesteine, auch solche, die vorzüglich die Politur annehmen und halten und für Dekorationszwecke geeignet wären. Tatsächlich würden wohl auch solche Gesteine viel mehr im Hochbau angewendet werden, wenn erst das Auge an die Eigenart gewisser Schönheiten in der Gesteinsstruktur gewöhnt oder besser zu deren Erkennung und Schätzung erzogen würde.

Die meiste Verwendung finden die Quarzporphyre wohl im Straßen- und Eisenbahnbau als Beschotterungsmaterial. Viele liefern auch gute Reihen- und Kleinpflastersteine, bei denen starke Glättung infolge des Quarzgehaltes im allgemeinen nicht zu befürchten ist. Die Bimssteine sind als Poliersteine gesucht, werden auch gelegentlich im Hochbau als Bausteine benutzt.

Liparite werden ähnlich verbraucht; weil sie frischer sind, sind sie noch zäher.

Besonders zu erwähnen ist der Porphyrtuff oder Felsittuff, der an manchen Stellen im Hochbau größere Verwendung gefunden hat und noch findet. Es ist ein klastisches, feinkörniges oder dichtes, poröses Gestein mit erdigem bis ebenem-Bruche, das aus ursprünglich feiner, lockerer, quarzporphyrischer, vulkanischer Asche besteht, die nachträglich verfestigt worden ist. Diese Tuffe sind sehr verschieden gefärbt in hellen und dunklen Tönen, weiß, grau, rötlich, grünlich, braun, violett, auch geadert oder gebändert.

Manchmal sind größere Auswürflinge in die dichten Massen in Menge eingebettet, so dass sie die Struktur einer Breccie oder eines Konglomerates erhalten haben. Das bekannteste Gestein dieser Art ist wohl der Porphyrtuff von Rochlitz in Sachsen, der sogenannte „Rochlitzer Porphyr“, der nach O. Herrmann verkieselt ist, eine Erscheinung, die auch von anderen Gesteinen dieser Art bekannt ist.

### Der Syenit.

Mit dem Namen Syenit ist ursprünglich ein Gestein, das in der Nähe der ägyptischen Stadt Syene (dem heutigen Assuan) ansteht, belegt worden. Das ist jedoch

soweit quarzhaltig, dass es zum Granit gestellt werden muss; es ist ein Hornblende-biotitgranit.

Den Namen Syenit hat man auf diejenigen Gesteine beschränkt, die im wesentlichen quarzfrei sind und Orthoklas, neben dem stets auch Plagioklas vorkommt, und Hornblende als wesentliche Gemengteile besitzen. Die Syenite sind meist hell gefärbt, und der Farbenton wird von dem vorherrschenden Orthoklas bestimmt, der rosa bis fleischrot, auch violett oder weiß aussehen kann. Die Hornblende sieht bei Betrachtung mit dem bloßen Auge schwarz aus, im Dünnschliff grün. In manchen Gesteinen ist sie unter gleichzeitiger Abscheidung von Quarz in Epidot umgewandelt. Als Nebengemengteil findet sich häufig Titanit. Neben Hornblende kommt Biotit vor, der auch allein herrschen kann, dann wird das Gestein zum Biotitsyenit; tritt an Stelle der Hornblende Augit, so spricht man von Augitsyenit. Ganz geringe Mengen von Quarz beobachtet man unter dem Mikroskop in fast allen Syeniten.

Die Struktur ist wie die der Granite körnig, sie kann wie dort einen porphyrischen Habitus dadurch erhalten, dass einzelne größere Individuen, hauptsächlich Orthoklase, über die Masse verteilt sind. Auch sonst verhält sich der Syenit durchaus ähnlich wie der Granit, als dieselben Absonderungsformen, gleichartige Klüftung, ähnliche Abscheidungen und Einschlüsse und gelegentlich auch Fluidalstruktur vorkommen; auch die Verwitterung geht in ganz ähnlicher Weise vor sich. Für die Druckfestigkeit werden gleiche Zahlen wie beim Granit angegeben. Das spezifische Gewicht ist im Mittel = 2,8.

Die chemische Zusammensetzung weicht bei den normalen Syeniten vom Granit dadurch ab, dass der Kieselsäuregehalt etwas niedriger ist, er schwankt um 60%. Unter den Alkalien herrscht auch hier Kali vor, ihre Summe ist ebenfalls etwas geringer, dagegen erreicht der Gehalt an zweiwertigen Metallen in der Regel etwas höhere Zahlen als bei Granit.

Syenite sind in Deutschland nicht so weit verbreitet wie Granite; an manchen Stellen stehen sie in enger Verbindung mit Hornblendegraniten, in die sie unter Zunahme des Quarzgehaltes übergehen. Die Verwendungsfähigkeit ist ganz die gleiche wie beim Granit. In den bekanntesten Vorkommen im Plauenschen Grunde bei Dresden und bei Meissen werden nur Straßenbaumaterialien hergestellt, obwohl man dort von dem schönen Gestein auch sehr wohl größere Blöcke gewinnen könnte. Der Syenit nimmt wie Granit sehr gut Politur an und da er in der Regel angenehme Farben besitzt (rosa bis fleischrot), so würde er gewiss auch im Hochbau manche schöne Wirkung hervorzubringen geeignet sein. Schön gefärbte Syenite kommen in Norwegen vor und werden in deutschen Steinschleifereien vielfach verarbeitet.

### **Quarzfreier Porphyr und Trachyt.**

Diese Gesteine schließen sich als Gang- und Ergussgesteine den Syeniten an. Unter Porphyr oder Orthoklasporphyr versteht man die älteren, vortertiären Gesteine, während man die jüngeren, tertiären und nachtertiären Trachyt nennt. In der chemischen Zusammensetzung stimmen sie überein und weisen etwa die gleichen Prozentzahlen auf wie die Syenite. In ihrem äußeren Habitus unterscheiden sie sich dagegen wesentlich. Wie bei den Quarzporphyren, so ist auch an den Porphyren als den geologisch älteren Gesteinen zu bemerken, dass sie im allgemeinen stärker von der chemischen Verwitterung ergriffen sind als die Trachyte.

Der Porphyry (Orthoklasporphyry, quarzfreier Porphyry) besteht aus einer makroskopisch dichten Grundmasse, in der man unter dem Mikroskop hauptsächlich Orthoklas erkennt. Dunkle Gemengteile (Glimmer, Hornblende, Augit) sind nur in geringer Menge vorhanden und dann sehr häufig stark oder ganz zersetzt. Auch Glasmasse bemerkt man nicht mehr; sie ist wohl immer zerstört und sekundär in äußerst feinkörnige Quarzaggregate umgewandelt. Die Grundmasse ist gelblich, grau, rötlich oder grünlich gefärbt. In ihr liegen die Einsprenglinge, ebenfalls hauptsächlich weiße oder rötliche Orthoklase, neben denen aber auch vereinzelte Plagioklase vorkommen können. Auch diese größeren Kristalle pflegen mehr oder minder stark zersetzt zu sein.

Orthoklasporphyre sind in Deutschland nicht sehr verbreitet. Sie treten als Gänge und Decken im Karbon und Rotliegenden z. B. in Thüringen, und im Saar-Nahe-Gebiete auf und finden dort im Straßenbau lokale Verwendung.

Der Trachyt ist ein meist hellgraues Gestein. Die dem bloßen Auge dicht erscheinende Grundmasse erweist sich unter dem Mikroskop vorherrschend aus Orthoklasleisten zusammengesetzt. Sie sind sehr häufig in charakteristischer Weise fluidal angeordnet, wobei die feinen Leisten stromartig die großen Sanidineinsprenglinge umlagern. Man nennt solche Ausbildung trachytische Struktur. Farbige und Nebengemengteile sieht man nur in geringer Menge.

Als Einsprenglinge kommen in porphyrischen Trachyten hauptsächlich Sanidine, oft in großen Kristallen vor, daneben in geringerer Zahl auch Plagioklase und ferner Biotit und Hornblende, manchmal auch Augit.

Das Gestein besitzt feine Poren und fühlt sich auf dem Bruche rau an. Das spezifische Gewicht ist 2,0; die Druckfestigkeit überschreitet selten 800 kg/qcm.

Trachyte sind in Deutschland für technische Zwecke hauptsächlich aus dem Siebengebirge und dem Westerwald bekannt. Sie werden als Straßenbaumaterialien verwendet, sind aber in beträchtlicher Menge auch als Bausteine zum Hochbau gewonnen worden. Dazu eignen sie sich sehr, weil sie sich sehr gut bearbeiten lassen, und weil infolge ihrer Rauigkeit und feinen Porosität der Mörtel gut an ihnen haftet. Bezüglich der Wetterbeständigkeit haben sie sich freilich nicht immer bewährt.

In der Begleitung des Trachytes treten an manchen Stellen in mächtigen Ablagerungen Tuffe auf. Bautechnisch wichtig ist von solchen

Der Trass, Tuffstein oder Duckstein. Er wird namentlich an den östlichen Abhängen in der Nähe des Laacher Sees in der Eifel und ferner im Nettetal und Brohltal gewonnen. Man unterscheidet nach der Festigkeit und technischen Verwertung mehrere Schichten. Zu unterst lagert als wertvollstes Material der „echte Trass“, ein poröses, mehr oder minder erhärtetes Gestein in grauen Farben, das gebrochen und dann zu Pulver gemahlen wird. Darüber folgt ein lockerer, etwas kreideartiger Tuff, den man Knuppen oder Tauch nennt; er ist nicht so rein und gleichmäßig, sondern es sind ihm Bimsstein- und Tonschieferstücke beigemischt. Zu oberst liegt dann lockere, meist feine Asche, die wilder Trass heißt.

Die chemische Zusammensetzung des Trasses ist die des Zements, nur hat er weniger Kalk, solcher muss also zugesetzt werden, um einen sehr guten Zementmörtel zu erhalten. Die festen Gesteine sind auch als Bausteine verwendet worden, da sie leicht zu bearbeiten und wetterbeständig sind.

Bimssteintuffe werden im Becken von Neuwied in ausgedehntem Maße gewonnen und mit Kalk als Bindemittel zu künstlichen Bausteinen verarbeitet.

Auch im Ries bei Nördlingen kommen Trass und Tuffstein vor, die als Bausteine und zur Herstellung von Mörtel abgebaut werden, jedoch besitzen sie nicht die Gleichmäßigkeit und Güte des rheinischen Tuffes.

### b) Die Natronorthoklasgesteine.

Es gibt eine Reihe von Orthoklasgesteinen, die sich in ihrer äußeren Erscheinungsform an die im vorhergehenden beschriebenen Gesteine anschließen und in vielen Fällen gar nicht von ihnen zu unterscheiden sind, sich aber doch durch ihre chemische Zusammensetzung als verschieden erweisen, weil sie einen hohen Natrongehalt und einen verhältnismäßig niedrigen Gehalt an Kieselsäure besitzen. Es kommen in ihnen Feldspäte vor, die natronreich sind, wie Anorthoklas, natronreicher Mikroklin und Sanidin, natronreicher Plagioklas (Albit), und ferner der feldspatähnliche Nephelin (Eläolith); aber auch die dunklen Gemengteile erscheinen stärker natronhaltig, wie z. B. Augit und Hornblende.

Von den hierher gehörigen Gesteinen, die nach der erwähnten chemischen Zusammensetzung petrographisch als eine selbständige Reihe angesehen werden müssen, besitzen nur wenige eine so große Mächtigkeit und Verbreitung, dass sie technisch von Bedeutung sind. Es werden darum nur die wichtigsten Gesteine erwähnt.

Unter den Tiefengesteinen ist am wichtigsten der Eläolithsyenit oder besser Nephelinsyenit. Das Gestein kommt in Deutschland anstehend nicht vor, ist aber aus dem südlichen Norwegen u. a. O. bekannt. Er wird als Pflasterstein und Baustein verwendet und wegen seiner oft prachtvollen Färbung auch in deutschen Steinschleifereien verarbeitet. Charakteristisch ist für ihn das Vorkommen von Nephelin, den man früher in diesen Tiefengesteinen Eläolith genannt hat.

Vom Eläolithsyenit beobachtet man Übergänge nach Natronsyenit (ohne Nephelin) und infolge von Auftreten freien Quarzes nach Natrongranit.

Diesen Tiefengesteinen entsprechen porphyrische Gang- und Ergussgesteine und von ihnen erlangt technische Bedeutung

Der Phonolith (Klingstein). Er ist dicht oder, wenn Einsprenglinge vorhanden sind, porphyrisch ausgebildet. Die Grundmasse sieht grau bis grünlich-grau aus. Ihr vorherrschender Bestandteil ist ein natronreicher Sanidin oder Anorthoklas, der auch in größeren tafeligen Kristallen, dem bloßen Auge erkennbar, auftreten kann. In manchen trachytähnlichen Gesteinen sind die Feldspäte im Dünnschliff leistenförmig und wie dort fluidal angeordnet. Plagioklas ist in den normalen Phonolithen selten, dagegen ist Nephelin verbreitet, der meist erst unter dem Mikroskop in rechteckigen oder sechseckigen Querschnitten zu erkennen ist. Bei den Leucitphonolithen tritt an Stelle des Nephelins Leucit. Unter den farbigen Gemengteilen ist ein natronreicher Pyroxen (meist Ägirin) verbreitet, Hornblende ist seltener, beide treten auch als Einsprenglinge auf. Glasmasse kommt nicht häufig vor, und als Nebengemengteile treten Erze, Apatit, Zirkon sehr zurück.

Das spezifische Gewicht beträgt 2,5 bis 2,7. Die Druckfestigkeit ist bei frischen Gesteinen ziemlich hoch, um 2000 kg/qcm.

Die Phonolithe sind seltener säulenförmig, sehr oft aber plattig abgesondert und das erleichtert ihre Gewinnung sehr. Die Platten sind zuweilen so dünn, dass sie zu Fußbodenbelag und selbst zum Dachdecken verwendet werden können. Auch zur Verwendung im Hochbau als Baustein, Werkstein, Treppenstufen u. s. w. ist Phonolith

geeignet, ebenso als Kleinpflaster und Kleinschlag. Als Reihenpflasterstein empfiehlt er sich nicht so gut.

Der Name Klingstein kommt daher, dass infolge des dichten Gefüges Hammer und Gestein beim Anschlagen frischer Gesteinsstücke klingen.

### c) Die Plagioklasgesteine.

#### Quarzdiorit und Diorit.

Die Diorite sind Plagioklasgesteine, in denen Orthoklas entweder ganz fehlt oder nur untergeordnet als Nebengemengteil vorkommt. Es sind Tiefengesteine. Die quarzföhrnden Diorite gehen in manchen Vorkommen in Granite, die quarzfreien in Syenite über, und dann tritt, namentlich in den Gesteinsmassen, die den Übergang vermitteln, Orthoklas auf. Es entspricht also unter den Plagioklasgesteinen der Quarzdiorit dem Granit, der Diorit dem Syenit. Die Gesteine sind körnig, die vorkommenden Arten, die durch Abänderung in der Struktur oder Zusammensetzung hervorgerufen werden, sind den bei den Graniten vorkommenden analog.

Unter den wesentlichen Gemengteilen der Diorite ist der wichtigste der Plagioklas, also Natronkalkfeldspat, aus dem etwa Dreiviertel der Gesteinsmasse besteht. Seine Farbe ist weiß oder grünlich. Unter dem Mikroskop zeigt er bei gekreuzten Nicols stets die charakteristische, vielfache Zwillingsbildung; wie beim Granit sind die Feldspäte auch in den dioritischen Gesteinen nie ganz frisch, sondern immer etwas durch schuppige Umwandlungsprodukte getrübt, die aber für die praktische Beurteilung bezüglich der Frische nicht bedenklich erscheinen, solange man trotz ihres Vorhandenseins im polarisierten Licht jene Zwillingslamellen noch erkennen kann. Erst wenn das nicht mehr der Fall ist und an ihrer Stelle die beim Granit beschriebene Aggregatpolarisation teilweise oder ganz auftritt, ist das Gestein als minderwertig anzusehen. Sind die Feldspäte stark zersetzt, dann beobachtet man im Dünnschliff gewöhnlich auch Kalkspat. Sehr häufig erkennt man an Plagioklasquerschnitten zonaren Bau, der dadurch entstanden ist, dass kalkreichere und kalkärmere Substanz zonenweise abwechseln. Das macht sich auch in der Verwitterung bemerkbar, da die kalkreichen Partien leichter angegriffen werden als die anderen.

Der Orthoklas kommt als akzessorischer Gemengteil vor, namentlich in den Übergangsgesteinen, die bereits erwähnt wurden.

Quarz ist für die Quarzdiorite wesentlicher Gemengteil, er fehlt aber auch bei den Dioriten selten ganz. Manchmal ist er sekundär infolge der Zersetzung der Feldspäte entstanden.

Als farbiger Gemengteil tritt bei den normalen Dioriten die gemeine grüne Hornblende auf. Sie ist manchmal mit Biotit verwachsen, auch Augit kommt vor. Je nach der Anreicherung unterscheidet man: Quarzdiorite, Quarzglimmerdiorite, Quarzaugitdiorite, Hornblendediorite, Hornblendebiotitdiorite, Biotitdiorite, Augitdiorite.

Die Struktur ist übereinstimmend mit der der Granite und Syenite. Wenn sie porphyrischen Habitus annimmt, wobei sich eine feinkörnige Grundmasse herausbildet, dann hat man Porphyritdiorit vor sich, der den Übergang nach den Porphyriten bildet. Wie beim Granit kommen auch Parallelstrukturen vor, man hat solche Gesteine Dioritgneis genannt. Helle aplitische und pegmatitische Gänge und Schlieren, wie dunkle Putzen, Einschlüsse und Schlieren sind verbreitete Erscheinungen.



Das spezifische Gewicht beträgt 2,8 bis 3,0. Die Druckfestigkeit ist hoch, im Mittel für frische Gesteine 2000 kg/qcm.

Bezüglich der chemischen Zusammensetzung ist zu bemerken, dass der Kieselsäuregehalt auch in Quarzdioriten nicht 65% übersteigt. Unter den Alkalien überwiegt Natron über Kali; ihre Summe erreicht nicht die Menge an Kalk, die bis zu 8% steigt.

Die Diorite sind nicht so weit verbreitet, als die Granite. Es sind aber, wenn frisch, immer harte, feste, widerstandsfähige und wetterbeständige Gesteine, die sehr gut Politur annehmen. Die Verwendung ist ganz die gleiche wie die des Granites, im Hochbau zur Innendekoration, zum Straßen-, Wasser- und Brückenbau. Sehr hornblendereiche Gesteine mit dunkler, fast schwarzer Farbe kommen im Odenwald vor und werden vielfach zu Grabmälern verarbeitet, geschliffen und poliert. Sie werden fälschlich im Handel als Syenit bezeichnet.

### **Porphyrit und Andesit.**

Als Gang- und Ergussgesteine schließen sich Porphyrit und Andesit in vielen Fällen den Dioriten an; es ist aber auch Verbindung mit anderen Gesteinen beobachtet, sowohl der granitischen, wie der gabbroiden Reihe. Die geologisch älteren Glieder hat man als Porphyrite, die jüngeren, tertiären und nachtertiären als Andesite bezeichnet. Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch ihren Erhaltungszustand, der bei den letztgenannten frisch zu sein pflegt, während man an den Porphyriten unter dem Mikroskop stets mehr oder minder starke Umwandlungsercheinungen beobachtet.

Die Porphyrite bestehen aus einer dem bloßen Auge dicht erscheinenden Grundmasse, in der bei deutlich porphyrischer Entwicklung größere Einsprenglinge lagern. Man unterscheidet nach dem Vorkommen von Quarz Quarzporphyrite und Porphyrite, die keinen oder nur in sehr geringer Menge Quarz führen. Die Grundmasse ist namentlich bei den Quarzporphyriten fast ganz kristallin; man erkennt unter dem Mikroskop zahlreiche schmale Plagioklasleisten, aber auch kurz rechteckige Querschnitte, die keine Zwillingslamellen zeigen und vielleicht Orthoklase sind. Dunkle Gemengteile sind nur in geringer Menge vorhanden; meist sind es Augitkörnchen. Als Einsprenglinge sind namentlich Plagioklase verbreitet, die an ihrer Zwillingsbildung kenntlich sind und sehr häufig wie in den Dioriten zonaren Bau zeigen, wobei auch hier die kalkreicheren Zonen leichter verwittern wie die kalkärmeren, in weiter fortgeschrittenem Zustande unter Abscheidung von Kalkspat. Quarz kommt in den Quarzporphyriten häufig in Kristallen vor. Als dunkle Gemengteile beobachtet man eingesprengt Hornblende, Biotit und Pyroxene und zwar monoklinen Augit, seltener aber auch rhombische Pyroxene. Von akzessorischen Gemengteilen sind Apatit und Magnet Eisen immer vorhanden, seltener auch Titaneisen. Durch Zersetzung der Eisenerze erhält die Grundmasse die Färbung. Porphyrite sehen rot, bräunlich, violett, grünlich, grau aus. In den stärker verwitterten Gesteinen ist Chlorit häufig.

Man unterscheidet nach der mineralogischen Zusammensetzung eine Reihe von Gesteinstypen, von denen als technisch wichtig genannt seien: Quarzhornblendeporphyrit, Hornblendeporphyrit, Quarzglimmerporphyrit und Glimmerporphyrit, endlich auch Augitporphyrite.

In der chemischen Zusammensetzung zeigen die Porphyrite verschiedenen Charakter, je nachdem sie sich an die kieselsäurereicheren Diorite oder an die daran ärmeren Gabbrogesteine anschließen.

Durch Verwitterung und Zersetzung erleiden die porphyritischen Gesteine sehr mannigfache Veränderungen, wobei es zu reichlicher Neubildung von Mineralen kommen kann. Technisch von Interesse ist die Grünsteinbildung, die bei den Diabasen noch besonders zu besprechen sein wird; da erscheinen Saussurit, Chlorit, Uralit, Epidot u. a. im Gestein, das, wenn schöne Färbungen auftreten, geschliffen und poliert werden kann. Solche Gesteine sind z. B. der Porfido rosso antico von Gebel Dukan in Ägypten, der durch roten Epidot gefärbt ist, und der Porfido verte antico, in dem Saussuritbildung die Farbe veranlasste.

Porphyrite sind in Deutschland stellenweise, namentlich im Gebiete des Rotliegenden in mächtigen Massen anstehende Gesteine, die bei guter Erhaltung hohe Druckfestigkeit, im Durchschnitt etwa 2500 kg/qcm, oft aber auch viel höhere Zahlen bis weit über 3000 aufweisen und sehr gute Baumaterialien abgeben für alle Zwecke. Sie nehmen auch gut die Politur an. Der Abbau wird oft durch Absonderungsfächen erleichtert, die namentlich zu plattenförmiger Gliederung führt. Säulen sind selten.

Die Andesite und Quarzandesite (Dazite) sind in der Tertiärformation verbreitet, sind auch unter den heutigen vulkanischen Ergussmassen bekannt. In Deutschland finden sich Andesite namentlich im Siebengebirge. Dazite fehlen. In ihrer petrographischen Beschaffenheit gleichen sie den Porphyriten, nur sind sie frischer; in der Grundmasse beobachtet man daher häufiger Glas. Die Druckfestigkeit wird zu 500 bis 900 kg/qcm angegeben.

In Begleitung beider Gesteine kommen Tuffe vor, die aber wohl nur gelegentlich bauliche Verwendung finden.

### **Gabbro.**

Mit dem Namen Gabbro bezeichnet man Tiefengesteine, die im wesentlichen aus Plagioklas und Diallag zusammengesetzt sind; daneben können noch Hornblende, dunkler Glimmer und Erze, auch Olivin auftreten.

Die Struktur ist regellos und gleichmäßig körnig; für manche typischen Gesteine ist grobes Korn charakteristisch. Porphyrische Ausbildung ist nicht bekannt, dagegen kommen parallele und faserige Anordnung der Gemengteile ähnlich wie beim Granit vor.

Der Plagioklas ist meist von grauer oder grünlicher Färbung und basisch (kalkreich) mit breiten Zwillingslamellen. In manchen Gesteinen ist es Labrador mit dem bekannten, eigenartigen Farbenspiel. Der Diallag fällt durch seine tafelige Ausbildung und die glänzenden ebenen Spaltflächen auf. Augit von schwarzer, unter dem Mikroskop von bräunlicher bis grünlicher Farbe kommt neben ihm vor, wie sich auch Körner von brauner Hornblende einstellen können. Olivin ist für manche Gabbros (Olivingabbro) charakteristisch; er erscheint in unregelmäßigen Körnern. Magnetkies reichert sich an manchen Orten so an, dass er abbaufähig ist.

Den Namen Norit hat man für Gesteine von mittlerem bis feinem Korn gewählt, in denen der Diallag vorherrschend oder ganz durch rhombischen Pyroxen (Hypersthen oder Bronzit) ersetzt ist. Sie sind teils dem Gabbro, teils dem Diorit näher verwandt.

In nicht mehr frischen Gesteinen ist hauptsächlich der Feldspat in Saussurit, der Olivin zu Serpentin und auch der Diallag in serpentinöse (Bastit) oder chloritische Minerale umgewandelt.

In der chemischen Zusammensetzung weisen die Gabbrogesteine gegenüber den Dioriten einen geringeren Gehalt an Alkalien und einen höheren an zweiwertigen

Metallen auf. Natron überwiegt bei weitem Kali. Die Kieselsäure hält sich etwa um 50%, Kalk auf 10 bis 12%. Das spezifische Gewicht beträgt 2,7 bis 3,00. Die frischen Gesteine sind wetterbeständig und besitzen hohe Druckfestigkeit, die nicht selten 4000 kg/qcm erreicht, im Mittel um 2000 kg beträgt.

Wo Gabbrogesteine als Stöcke oder mächtige Gänge auftreten (Schlesien, Harz, Sächsisches Granulitgebirge, Odenwald), sind sie bauwürdig und können ähnlich wie andere körnige Gesteine (Granit, Diorit) verwendet werden. Sie nehmen Politur an, und Gesteine mit großen Labradoren besitzen schöne Farben und eignen sich, geschliffen und poliert, besonders zur Innendekoration. Auch zum Straßenbau, als Pflaster- und Bordsteine, kann Gabbro mit Vorteil verwendet werden. Er ist sehr zäh, spaltet aber oft nicht gut und ist dann schwer zu bossieren. Von ausländischen Gesteinen sind die farbenreichen, italienischen Gabbrogesteine (Granitone) bei Florenz, Genua, von Korsika (Verde di Corsica) u. a. O. besonders zu nennen, wie die Norite Schwedens, die in Deutschland vielfach nach den Gesteinsschleifereien eingeführt werden. Namentlich die tiefschwarzen Arten werden zu Grabdenkmälern verwendet.

### **Peridotit und Serpentin.**

Als nahe verwandt mit dem Olivingabbro kann man eine Reihe feldspatfreier Gesteine betrachten, die entweder fast nur aus Olivin (Olivinfels) oder aus Olivin mit Pyroxen, Hornblende oder auch Glimmer bestehen (Peridotit). In frischem Zustande sind das grünlich bis bräunlich gefärbte Gesteine von mittlerem bis grobem Korn, die sehr hart und zäh sein können und immer ein hohes spezifisches Gewicht von 3,2 bis 3,4 besitzen, wobei auch der Erzgehalt eine Rolle spielt. In frischem Zustande kommen sie selten vor und sind darum bautechnisch ohne Bedeutung. (Der verwandte Pikrit ist beim Diabas besprochen.) Dagegen ist ihr Umwandlungsprodukt, der Serpentin, von Wichtigkeit. Die Serpentinisierung ist keine eigentliche Verwitterungserscheinung, man nimmt vielmehr an, dass die Ursache in thermalen Einwirkungen aus der Tiefe zu suchen ist. Die Farben sind gelblich, grün, braun, grünlichschwarz und schwarz; auch Flecken und geflammte Zeichnungen sind nicht selten. Manchmal sind Granaten in Menge regellos über das Gestein verteilt, die dann in roten Querschnitten die Färbung ergänzen. Das Gestein ist körnig oder infolge der Umwandlung auch nahezu dicht geworden, bricht dicht oder eben, das spezifische Gewicht ist um 2,6. Manche Serpentine sind nicht gut wetterbeständig; die Druckfestigkeit liegt bei etwa 700 kg/qcm. Die chemische Analyse zeigt einen sehr hohen Gehalt an wasserhaltigem Magnesiumsilikat.

Der Serpentin nimmt sehr schön Politur an und lässt sich wegen seiner geringen Härte (3 bis 4) leicht bearbeiten. Er wird in gedrehten Säulen, Platten, Ornamenten zur Innendekoration verwendet, man stellt aber auch Vasen, Sockel, Büsten u. s. w. aus ihm her. Besonders genannt sei die Serpentinindustrie in Zöblitz in Sachsen.

Mit dem Serpentin nahe verwandt ist der Asbest; man unterscheidet säurefesten Hornblendeasbest und Serpentin- oder Chrysotilasbest, der diese Eigenschaft nicht besitzt. Asbest ist ein schlechter Wärmeleiter und bleibt auch bei hohen Temperaturen beständig. Er wird viel verwendet zur Isolierung und Einhüllung von Heizungsrohren u. s. w.

### **Diabas, Melaphyr, Basalt und deren Trappgesteine.**

Diese Gesteine haben von altersher besonders im Straßenbau eine ausgiebige Verwertung gefunden. Die Ansichten über ihren Wert, besonders zur Pflasterung, haben indessen oft gewechselt, weil unter sich sehr verschiedenartiges Material unter dem

gleichen Namen der Beurteilung unterlegen hat. Die petrographische, wissenschaftliche Erkenntnis hat sich in den letzten Jahren wesentlich erweitert; wir wollen darum die Beschreibung etwas ausführlicher gestalten.

Für die petrographische Unterscheidung und in Abhängigkeit davon für die Beurteilung der technischen Verwendungsfähigkeit sind die mineralogische und chemische Zusammensetzung maßgebend, sodann die Struktur.

Alle Gesteine dieser Gruppe führen als wesentliche Gemengteile Augit und Plagioklas, sehr viele außerdem noch Olivin.

In der chemischen Zusammensetzung hat man zwei Reihen zu unterscheiden, eine kieselsäurereichere und eine kieselsäureärmere. Als Grenze zwischen beiden sind etwa 46% SiO<sub>2</sub> anzunehmen; in den an Kieselsäure reicheren steigt sie auf über 50%, während sie in den ärmeren bis auf 40% sinkt. Die kieselsäurereicheren bezeichnet man als Trappgesteine, die kieselsäureärmeren sind namentlich unter den geologisch jüngeren Gesteinen verbreitet; sie bilden die Basalte im engeren Sinne. Der chemische Unterschied macht sich petrographisch in der Struktur durch die Reihenfolge der Ausscheidung der Minerale bei der Erhaltung geltend. Bei den Trappgesteinen kristallisierte der Feldspat vor dem Augit und konnte in langen Prismen ein balkenartiges Gerüst bilden, während der später in Körnern sich ausscheidende Augit nur noch die Zwischenräume zur Verfügung hatte. Diese Struktur nennt man ophitisch. Unter den Eisenerzen herrscht ferner bei den Trappgesteinen das Titaneisen vor. Die kieselsäureärmeren Gesteine dieser Reihe zeigen die ophitische oder Intersertalstruktur nie. Bei ihnen ist der Feldspat nach dem Augit aus dem Schmelzfluss auskristallisiert, manchmal vielleicht auch gleichzeitig mit ihm. Der Bau des Gesteins musste darum anders werden. Es entstand die sogenannte Implikations- oder Umschlingungsstruktur, wobei die Feldspäte, wenn größere Individuen entwickelt sind, die Augite einschließen oder umhüllen. Sind nur kleine Körnchen vorhanden, so liegen Augite und Feldspäte bunt durcheinander (poikilitische Struktur).

Alle Gesteine der Gruppe können dicht, feinkörnig, grobkörnig oder porphyrisch in ihrer Struktur entwickelt sein. Im allgemeinen kommt aber die körnige Struktur bei den kieselsäurereicheren Gesteinen häufiger vor als bei den basischen.

Die verschiedenen Namen sind ursprünglich auf äußere Unterschiede begründet, die wesentlich durch den verschiedenen Grad der Verwitterung hervorgerufen sind, und diese wiederum hat ihre Ursache in den Altersunterschieden. Diabase hat man in Deutschland lediglich die altpaläozoischen, in stark gefaltetem Gebirge auftretenden Gesteine genannt; in Schweden u. a. O. kommen sie auch in nicht in Falten aufgerichtetem Gebirge vor. Sie sind dort infolgedessen weniger verändert und gewähren petrographisch ein anderes Aussehen; sie sind nicht so intensiv zersetzt.

Unter Melaphyren werden jungpaläozoische, namentlich im Rotliegenden vorkommende Gesteine verstanden, die weniger zersetzt als die Diabase, aber stärker umgewandelt sind als die Basalte. Basalte sind endlich die meist frischen, tertiären und nachtertiären Gesteine. Diabase sind, wenn stark verwittert, oft grünlich, Melaphyre gern rot; verwitterte Basalte erscheinen in grauen Farben.

### **Diabas.**

Diabas besteht aus Plagioklas und Augit als wesentlichen Gemengteilen, neben denen stets Erze vorhanden sind; akzessorisch kommen dazu Olivin, Apatit, Quarz u. a.

Der Augit tritt hauptsächlich in Körnern auf, die im frischen Zustande schwarz aussehen; Kristalle finden sich auch, wenn er bei porphyrischer Entwicklung als Ein-

sprengling auftritt, oder wenn der Feldspat mehr zurücktritt. Der Plagioklas ist kalkreich; die Längsschnitte der prismatischen Individuen sind leistenförmig mit deutlicher Zwillingslamellierung. Als Erz, das ebenso wie Apatit stets vorhanden ist, findet man Magneteisenerz, Titaneisenerz, zuweilen sekundär auch Pyrit (Eisenkies). In einzelnen Diabasen kommt meist nur in geringer Menge Quarz vor (Quarzdiabas), in vielen anderen Olivin (Olivindiabas), der aber meist in Serpentin umgewandelt und nicht mehr zu erkennen ist.

Für die Diabase ist die ophitische Struktur charakteristisch, die oft typisch entwickelt ist und geradezu als diabasisch körnige Struktur (auch als Intersartalstruktur) bezeichnet wird. Man erkennt sie oft schon makroskopisch, am besten aber im Dünnschliff; da sieht man, dass der Plagioklas in unregelmäßig, balkenartig ineinander greifenden Leisten verteilt ist, deren Zwischenräume mit Augitkörnern erfüllt sind. Diese Struktur kann in porphyrische Struktur übergehen, wobei Feldspat oder Augit, auch beide als Einsprenglinge auftreten (Diabasporphyr, Augitporphyr).

Die Diabase sind meist in hohem Maße verändert; sie unterliegen der Grünsteinbildung (Diabasgrünstein). Da ist der Augit ganz oder teilweise in Chlorit umgewandelt, Olivin zu Serpentin. Auch die Feldspäte sind oft stark verändert; es erscheinen Serizit, Epidot, Saussurit unter Abscheidung von Kalkspat. Manche Diabase enthalten Blasenräume, die nachträglich durch Zersetzungsprodukte und Neubildungen wie Chaledon, Chlorit, Kalkspat u. s. w. ausgefüllt sind; man nennt sie Mandelsteindiabase oder Diabasmandelsteine.

Wie bereits erwähnt, sind die Diabase in Deutschland in den älteren paläozoischen Formationen verbreitet. Sie bilden in ihnen intrusive Lager, manchmal von beträchtlicher Ausdehnung, Decken und Gänge. Sie sind mit den Schiefen gefaltet und manchmal so gepresst, dass sie schieferartiges Aussehen erhalten haben (Diabasschiefer, Grün-schiefer).

Namentlich im Devon kommen Diabastuffe vor, die gelegentlich auch bauwürdig werden; sie sind vielfach plattig abgesondert und heißen darum Schalsteine.

Nach ihrer chemischen und strukturellen Beschaffenheit gehören die Diabase überwiegend dem Trapptypus an. Spezifisches Gewicht 2,8 bis 3,0.

Diabase werden in vielen Steinbrüchen gewonnen und sind technisch sehr wohl verwertbare Gesteine. In frischerem Zustande sind sie sehr zäh; sie besitzen dann auch hohe Druckfestigkeit, die nicht selten 2000 kg/qcm überschreitet. Sie nehmen Politur an und sind wetterbeständig, sodass sie im Hochbau wie im Tiefbau, auch als Pflastersteine mit Vorteil benutzt werden können. Die stärker umgewandelten Diabase (Grünsteine) sind dagegen weniger fest und widerstandsfähig; sie sind weicher und nutzen sich stark ab. Darum empfehlen sie sich weniger zum Straßenbau, wenigstens nicht für stark benutzte und schwer belastete Straßen. Politur nehmen auch diese gut an, und da sie angenehme Farben aufweisen, eignen sie sich für dekorative Zwecke. Die Schalsteine werden als Bausteine und Bruchsteine gewonnen.

Die Diabase, namentlich Olivindiabase, gehen an manchen Stellen in feldspatfreie Gesteine über, die dann hauptsächlich nur Augit und Olivin enthalten; das sind die Pikrite oder, wenn sie porphyrisch entwickelt sind, Pikritporphyrite. Es sind dunkle, meist schwarze Gesteine, die gewöhnlich stark serpentinisiert sind. Sie kommen manchmal als Pflastersteine in den Handel, vertragen aber keine starke Belastung und nutzen sich rasch ab.

### Melaphyr.

Die Melaphyre sind in Deutschland in den Gebieten des Rotliegenden sehr verbreitet. Sie stimmen in ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung mit den Basalten überein und unterscheiden sich lediglich durch das geologische Alter, als dessen Folge meist stärkere Umwandlungserscheinungen vorhanden sind als bei den jungen Gesteinen. Es gibt aber auch ziemlich frische Melaphyre, und die sind im Handstück, manchmal auch im Dünnschliff kaum von Basalt zu unterscheiden.

Der frische Melaphyr ist ein dunkles, schwarzgraues bis schwarzes Gestein, das im wesentlichen aus Plagioklas und Augit besteht, wozu Magnet- und Titaneisen, Apatit und, für manche Gesteine charakteristisch, Olivin kommen. Die Struktur kann dicht, porphyrisch, aber auch körnig sein.

Der Plagioklas ist kalkreich (Labrador), tafelig oder säulig ausgebildet, mit deutlichen Zwillingslamellen. Der Augit ist makroskopisch schwarz, im Schliff rötlich- bis hellbraun. An den frischen, gelblichen bis grünlichen Olivinen beobachtet man oft vollständigen Kristallumriss.

Wenn die Grundmasse noch nicht stärker zersetzt ist, erkennt man in ihr die gleichen Mineralien, wie sie als Einsprenglinge oder im körnigen Gestein vorkommen; vielfach ist auch noch Glasmasse vorhanden.

An vielen Stellen sind die Melaphyre allerdings stark zersetzt, und dann bieten sie ein ganz anderes Aussehen. Äußerlich von grünlicher, bräunlicher oder roter Farbe lassen sie unter dem Mikroskop ihre Zusammensetzung oft nicht mehr deutlich erkennen. Infolge der Zersetzung der kalkreichen Feldspäte und namentlich der Augite, die in vielen Gesteinen früher umgewandelt werden als jene, scheidet sich mitunter reichlich Kalkspat aus, ebenso bei der Umwandlung des Olivins in serpentinöse Massen. Ferner erscheinen als Zersetzungsprodukte Chlorit, Eisenoxydhydrat (Brauneisen), Chalcedon, Quarz u. a.

Wie bei den Diabasen kommen auch blasige Gesteine vor, wobei die sehr verschieden großen Blasen auch manchmal in langen Zügen angeordnet sind; die Hohlräume können dann durch sekundär gebildete Minerale erfüllt sein, wie Calcit, Delessit, Zeolithe, Epidot, Quarz, Achat, Chalcedon u. a.; das sind dann die Melaphyrmandelsteine, die aus dem Nahegebiet besonders bekannt geworden sind.

Je nach der Frische muss die Festigkeit und damit die Fähigkeit zur praktischen Verwendung der Melaphyre verschieden sein. Die Druckfestigkeit ist beim frischen Gestein hoch und kann 2000 kg/qcm, ja selbst 4000 überschreiten, sie kann bei verwittertem Material bedeutend, auf 600 kg/qcm und auch noch weniger sinken. Das spezifische Gewicht schwankt zwischen 2,6 und 2,85. Das frische Gestein ist wetterbeständig und zäh. Die Melaphyre treten namentlich als Decken und Lager auf und stehen häufig in mächtigen Massen an, wobei man nicht selten mehrere Ströme übereinander, zuweilen durch zwischengeschaltete Tuffe getrennt, erkennt. Die Absonderung ist unregelmäßig parallelepipedisch oder bankförmig.

Frische Gesteine, wie sie z. B. an der Nahe bei Kirn und anderwärts vorkommen, liefern sehr gute Reihenpflastersteine, die sich trotz der fein- bis mittelkörnigen Struktur nicht störend glätten; ebenso sind sie zu Kleinpflaster und Kleinschlag für Straßen- und Eisenbahnbau gut zu verwenden; auch größere Werkstücke können hergestellt werden. Zersetzte Melaphyre haben sich dagegen nirgends bewährt. Melaphyrtuffe werden gelegentlich als Bausteine gebrochen.

### Trappbasalt und Basalte.

Als Basalt allgemein bezeichnet man dunkle, meist schwarze Gesteine von tertiärem oder jüngerem Alter. Die wesentlichen Gemengteile sind wie bei Melaphyr Augit, Plagioklas, für die allermeisten auch Olivin. Dazu kommen Magnet- und Titan-eisen, Apatit. In manchen Basalten wird Augit durch Hornblende ersetzt. Die Struktur kann körnig, porphyrisch oder dicht sein.

Der Plagioklas ist vorwiegend in prismatischen Gestalten verbreitet, sodass man unter dem Mikroskop leistenförmige Schnitte mit deutlicher Zwillingslamellierung sieht. Als Einsprengling ist er selten und dann mehr tafelig ausgebildet. Der Augit sieht makroskopisch schwarz aus und wird im Dünnschliff mit heller, brauner, manchmal auch rötlich brauner Farbe durchsichtig. Als Einsprengling hat er meist Kristallform; in der Grundmasse kommt er in Kristallen und Körnern vor. Der Olivin kommt in Körnern und Kristallen vor; häufig ist er mehr oder minder in Serpentin umgewandelt. In manchen Basalten, namentlich den basischen, sind Olivinknollen häufig. Die Eisenerze sind gewöhnlich in Menge vorhanden; manche Basalte enthalten bis zu 10<sup>0</sup>%. In den kieselsäurereicheren Gesteinen überwiegt, wie bereits erwähnt wurde, das Titan-eisen über das Magneteisen. Hornblende kommt meist in größeren, schon makroskopisch erkennbaren Kristallen vor; sie ist namentlich in manchen Basalttuffen verbreitet. Die Grundmasse ist vielfach vollständig auskristallisiert und besteht dann aus Plagioklas, Augit, Eisenerzen, Olivin und Apatit. Doch kommt sehr oft auch Glasmasse vor, die gelegentlich auch in Menge vorhanden sein kann (Glasbasalt).

Nach der chemischen Zusammensetzung sind die kieselsäurereicheren Trappbasalte (über 46%) von den kieselsäurärmeren (basischen) Basalten im engeren Sinne (unter 46%) zu unterscheiden. Die Gliederung der basaltischen Gesteine in diese beiden Gruppen ist für den petrographisch Ungeübten allerdings zunächst schwierig, da alle von gleicher Farbe sind und für keine der beiden Gruppen eine bestimmte Struktur als ausschließlich charakteristisch in Anspruch genommen werden kann. Trotzdem erscheint es, wie unten näher ausgeführt wird, auch vom technischen Standpunkte aus sehr wichtig, eine Trennung durchzuführen. Die petrographische Unterscheidung stützt sich zunächst auf die erwähnten chemischen Unterschiede, sie kann aber auch meist schon ohne chemische Analyse durch mikroskopische Untersuchung getroffen werden, und der Geübte vermag in vielen Fällen schon nach dem Handstück die richtige Bestimmung vorzunehmen.

Die Trappbasalte sind meist feinkörnige Gesteine, doch kommen auch mittel- und selbst grobkörnige Ausbildungsformen vor; fast dicht erscheinende Arten gibt es auch, die allerdings wegen ihrer großen Ähnlichkeit mit den Basalten im engeren Sinne bisher nicht genügend beachtet worden sind. Es sei sogleich an dieser Stelle hervorgehoben, dass Sonnenbrand (s. u.) an Trappgesteinen noch nie beobachtet worden ist. Die Trappbasalte bestehen aus Plagioklas, Augit, Olivin und Eisenerzen mit vorwiegendem Titaneisen, dazu kommt meist ein mehr oder minder erheblicher Glasrest, dessen Menge an den Grenzflächen der Ergüsse größer zu sein pflegt als im Innern. Dieses Glas unterscheidet sich anscheinend chemisch von dem der basischen Basalte, denn es wird im Dünnschliff von kalter Salzsäure nicht angegriffen. Es hat sich in den Trappgesteinen nie Leuzit oder Nephelin ausgeschieden. Bei den körnigen Gliedern herrscht die Ophit(Intersartal-)Struktur; die nahezu dichten sind allerdings häufig auch porphyrisch struiert und dann schwerer von den basischen Basalten zu unterscheiden.

Bei der Verwitterung nehmen die Trappbasalte mit Vorliebe rötlich-graue, manchmal auch rote Farben an.

Die basischen Basalte, Basalte im engeren Sinne, sind vorwiegend dichte Gesteine, wengleich auch hier fein- bis mittelkörnige nicht ohne Bedeutung sind und auch grobkörnige Ausbildung bekannt geworden ist. Sie bestehen aus Plagioklas, der im allgemeinen etwas kalkreicher ist als in den Trappen, Augit, Olivin und vorwiegend Magneteseisen; dazu kommt ein fast nie fehlender Rest von Glas, der wie bei den Trappen, an den Rändern der Ergüsse sehr an Menge zunehmen kann und ferner bei kleineren Gesteinskörpern durch die ganze Masse hindurch reichlich verbreitet ist. Feldspat fehlt in solchen glasigen Gesteinen häufig, weil er infolge zu rascher Erstarrung nicht mehr zur Ausscheidung kommen konnte; man nennt solche Gesteine Limburgite. Leuzit und Nephelin, die in Trappen immer fehlen, kommen bei basischen Basalten häufig vor. Sie ersetzen den Feldspat ganz oder teilweise (Nephelinbasalt, Leuzitbasalt). Die Glasmasse verhält sich chemisch anders als in den Trappgesteinen. Sie ist häufig von Salzsäure leicht angreifbar; nicht selten ist leicht und schwer angreifbares Glas in ein und demselben Gestein in schlieriger Verteilung vorhanden. Auf der Gegenwart solch leicht zersetzlichen Glases beruht vermutlich die Neigung vieler basischer Basalte zum Sonnenbrand.

Die dichten, basischen Basalte besitzen ausnahmslos porphyrische Struktur, wobei Olivin, häufig auch Augite in Kristallen in der dichten Grundmasse eingesprengt liegen. Werden sie körnig, so kann man Grundmasse und Einsprenglinge nicht mehr unterscheiden; trotzdem tritt die charakteristische, ophitische Struktur nie auf, weil ja der Feldspat nicht vor dem Augit zur Ausscheidung gekommen ist.

Alle Basalte kommen in Decken, Strömen, Gängen und Kuppen vor. Sie zeigen in der Regel ausgezeichnete Absonderungserscheinungen. In primären Kuppen und Gängen trifft man vorzugsweise dünne Säulen von meist sechsseitigem Querschnitt an. In den Kuppen haben sie meiler- oder fächerförmige Stellung, bei der Meilerstellung mit Konvergenz nach oben, bei der Fächerstellung mit solcher nach unten. In Gängen stehen die Säulen senkrecht zu den beiderseitigen Salbändern, liegen also, wenn diese nur schmal sind und senkrecht stehen, wie Scheite eines Holzstoßes übereinander. Fiederförmige Stellung findet sich in breiteren Gängen (Humboldtelsen bei Aussig). Auch plattige Absonderung ist bei Gängen bekannt, wobei die Dicke der Platten mit der Mächtigkeit des Ganges wechselt. Die Platten liegen bald in der Richtung der Salbänder, bald aber auch in mehr oder minder großen Winkeln zu ihnen.

In Strömen von beträchtlicher Mächtigkeit beobachtet man meist sehr dicke Prismen, die man dann Pfeiler nennt; sie stehen in der Regel senkrecht zur Unterfläche. Kommt in Strömen plattige Absonderung vor, so scheint diese in den meisten Fällen parallel zur Unterfläche angeordnet zu sein. Diese plattige Absonderung kann in sehr unregelmäßige, in der Aufrissfläche keilförmig erscheinende Gliederung übergehen.

Die langen Prismen zeigen häufig noch eine Quergliederung, die um so mehr sichtbar wird, je stärker die Verwitterung an den Gesteinen fortschreitet. Die Ecken werden am stärksten angegriffen, sodass allmählich eine Rundung eintritt. Geht die Zerstörung noch weiter, so lockert sich allmählich die Gesteinsmasse in leicht ablösbaren Schalen um einen in der Mitte oft noch frischen Kern (Kugelbasalt).

Die in primären Kuppen und Gängen vorkommenden Basalte sind meist frei von Hohlräumen (Poren), die durch freiwerdende Gase erzeugt wurden. In Decken und Strömen trifft man dagegen Blasen sehr häufig. An der ursprünglichen Ober- und



Unterfläche findet man in der Regel zahlreiche und oft sehr große Blasenräume, sodass dort das Gestein zellig, kavernös, schwammig oder schlackig ausgebildet ist (Krotzen). Solche treten aber auch im Innern des Gesteinskörpers auf; dann durchsetzen sie entweder die Masse gleichmäßig in feinen Poren, zu denen noch zahlreiche Züge größerer Blasen kommen, die von der Unterfläche nach oben verlaufen, oder es bleiben manchmal auch große Gesteinspartien porenfrei, also kompakt, sodass man in demselben Bruch zuweilen technisch sehr verschieden verwertbare Gesteine herstellen kann. Die poröse Ausbildungsform nennt man im Vogelsberg Lungstein, am Niederrhein Basaltlava.

Die Hohlräume mancher Basalte sind ähnlich wie bei Diabas- oder Melaphyrmandelstein durch weiße Massen ausgefüllt, die sich in der Regel als Zeolithe erweisen. Das sind dann Basaltmandelsteine. Solche Zeolithe kommen auch in ganz frischen Gesteinen vor, ihr Vorhandensein allein ist also an sich kein Grund, solche Basalte von der Verwendung auszuschließen, weil sie etwa verwittert wären.

Basalttuffe sind an manchen Stellen in solcher Mächtigkeit bekannt, dass sie gebrochen worden sind oder noch werden, auch Schlackenagglomerate, d. h. verschweißte oder verkittete Wurfslacken der alten Vulkane treten häufig in solcher Mächtigkeit und Festigkeit auf, dass sie gewinnbar sind und zu Backofensteinen, Hausteinen, selbst Fensterbänken u. s. w. verwendet werden können.

In älterer Zeit hat man die Basalte nach der Korngröße eingeteilt und mit besonderen Namen belegt. Die grobkörnigen wurden Dolerite, die feinkörnigen, bei denen man mit bloßem Auge die körnige Struktur gerade noch erkennen konnte, wurden Anamesite genannt, und beide sind den dichten Basalten gegenübergestellt worden. Diese Einteilung ist nicht glücklich, denn die körnige Beschaffenheit hängt ja nur von der Art der Abkühlung ab und kann, wie wir oben auseinandergesetzt haben, bei Trappbasalten wie echten Basalten vorkommen. Es empfiehlt sich, die Namen, weil sie unnötig sind, auch in der Praxis zu verlassen oder höchstens noch als Beiwörter zu gebrauchen, also dann nur von dolerischem oder anamesitischem Korn zu sprechen.

Eine namentlich von den Straßenbauingenieuren gefürchtete Erscheinung bei manchen Basalten ist der sogenannte Sonnenbrand, den wir oben schon erwähnt haben. Man versteht darunter ein rasches Zerfallen von Basaltsteinen unter dem Einfluss der Atmosphärlinien in Körner oder kugelige Gebilde, wobei besonders den Temperaturdifferenzen eine wesentliche Mitwirkung zugeschrieben werden muss. In frisch gebrochenem Zustande sehen solche Gesteine auch unter dem Mikroskop häufig durchaus gesund aus. Mit der Erscheinung des Sonnenbrandes und dem Suchen nach Hilfsmitteln, derartig verdächtige Gesteine, wenn sie noch frisch sind, zu erkennen, haben sich in neuester Zeit besonders Leppla, Weinschenk, Schottler und Tannhäuser beschäftigt. Leppla nimmt an, dass nephelinhaltiges Glas in der Grundmasse besonders leicht angreifbar und die Ursache der gefürchteten Erscheinung sei. Er hält darum alle nephelinhaltigen Basalte für zum Sonnenbrand neigend. Dass hauptsächlich die Glasmasse infolge ihrer mechanisch und chemisch leichten Angreifbarkeit im wesentlichen für den Sonnenbrand verantwortlich zu machen ist, scheint richtig zu sein, doch scheint es, dass nicht allein der Nephelingeht die Ursache ist, denn es gibt Nephelinbasalte (z. B. Rossberg bei Darmstadt), die keine Sonnenbrenner sind. Weinschenk und mit ihm Schottler, der sich eingehend mit den Basalten des Vogelsberges beschäftigt hat, haben gefunden, dass die sauren Basalte den Sonnenbrand nie zeigen, und dass er ferner auch bei den körnig ausgebildeten Gliedern der basischen Reihe nur sehr selten beobachtet, also dass er bei den dichten basischen Gesteinen am meisten verbreitet ist. Am an-

stehenden Gestein kann man das Auftreten von Sonnenbrand leicht feststellen, wenn man die trockenen Wände aufmerksam untersucht, die längere Zeit den Atmosphärien ausgesetzt waren. Dann sieht man im fortgeschrittenen Zustande an der Oberfläche nicht ebene oder muschelige Bruchflächen, sondern rauhen, unregelmäßigen, hakigen Bruch. In anderen, weniger fortgeschrittenen Stadien bemerkt man auf der mehr oder minder ebenen Oberfläche typische, graue Flecken regellos verteilt, bald groß, bald klein, bald dicht, bald verstreut angeordnet; sie sind am Anstehenden ein sicheres Anzeichen von Sonnenbrand.

Es sind nun Mittel gesucht worden, am frischen Gestein den Sonnenbrand zu erkennen, namentlich um die Flecken, die vermutlich durch Zersetzung der Glasmassen entstehen, künstlich hervorzubringen. Man schneidet zu den Versuchen am besten dünne Platten vom Gestein ab und glättet und poliert sie. Die Flecken sind dann zum Vorschein gebracht worden:

1. durch anhaltendes Kochen in destilliertem Wasser (mehrere Stunden oder gar Tage lang);
2. durch Kochen in Salzsäure. Nach Tannhäuser genügen meist schon zehn Minuten;
3. durch Kochen in Ammoniumkarbonat oder verdünnter Essigsäure. Da kommen nach 1 bis 2 Stunden die typischen Flecken zum Vorschein. Ammoniak ist nicht verwendbar;
4. durch Kochen mit Natronlauge, wobei die Wirkung oft sehr rasch eintritt, oft aber auch erst nach längerer Behandlung.

Ferner treten bei zum Sonnenbrand neigenden Basalten feine Haarrisse auf. Auch die kann man zum Erkennen benutzen. Im Materialprüfungsamt in Darmstadt stellte O. Berndt 1903 Versuche in der Weise an, dass er polierte Basaltplatten mehrere Stunden im Trockenschrank auf über 100° C. erhitzte und dann mit einem feinen Wasserstrahl abkühlte. Dann traten in der Regel in dem Augenblick, wo der Wasserdampfbeschlag sich verflüchtete, die äußerst feinen Risse, oft strahlig angeordnet, deutlich hervor. Hirschwald gibt an, dass er durch Erhitzen auf 100 bis 200° ebenfalls das Entstehen der Haarrisse beobachtete.

Zu allen diesen Versuchen muss aber ausdrücklich bemerkt werden, dass sie nicht unfehlbar sind. Einmal reagieren typische Sonnenbrenner nur auf einzelne dieser Reagentien, es kommt aber auch vor, dass an Basalten, die zweifellos durch Sonnenbrand zerstört werden, die Flecken überhaupt nicht künstlich erzeugt werden konnten. An glasreichen Gesteinen, die nach genauester Beobachtung im Bruch keine Sonnenbrenner sind, ließen sich andererseits die typischen Flecken dicht gehäuft besonders mit Natronlauge, aber auch mit den anderen Reagentien hervorbringen. Durch petrographische Untersuchung ließ sich nachweisen, dass in diesen Fällen die Gesteine der letzteren Art zweierlei Glas von verschiedener Angreifbarkeit enthielten. Aus den bisherigen Untersuchungen der verschiedenen Forscher geht nach Schottlers neuesten Untersuchungen (siehe Steinbruch 1911) jedenfalls hervor, dass die Laboratoriumsmethoden, nach denen man am Handstück den Sonnenbrand feststellen will, noch nicht die nötige Zuverlässigkeit besitzen.

Will man möglichst vorsichtig sein, so ist der Besuch und die aufmerksame Untersuchung des betreffenden Steinbruches unerlässlich. Dabei ist zu bemerken, dass der Sonnenbrand keineswegs über das gesamte anstehende Gestein verbreitet zu sein braucht. Manchmal ist die Erscheinung auf einzelne Lagen (Ströme oder nachgeschobene

Gesteinsmassen) beschränkt; in anderen Fällen kommen Sonnenbrandpartien nesterartig, regellos über die Masse verteilt vor. Ebenso gibt es Sonnenbrandbasalte, in denen große Partien vorkommen, die davon frei sind.

Bei längerer Lagerung verdächtigen Gesteins im Freien, sodass die Witterungsverhältnisse darauf einwirken können, wird man im allgemeinen immer nach einiger Zeit am Sonnenbrandgestein die Flecken beobachten.

Die Druckfestigkeit frischer Basalte ist sehr hoch, im allgemeinen um so höher, je dichter das Gestein ist. Bei guten, körnigen Basalten beträgt sie 1000 bis 1300 kg/qcm, steigt aber bei feinkörnigen und dichten bis auf 5000 kg/qcm.

Für fast alle Bauzwecke kann Basalt verwendet werden, im Hochbau freilich nur da, wo seine dunkle Farbe keinen allzu düsteren Eindruck verursacht. Da das gesunde Gestein außerordentlich wetterbeständig und zäh ist, sich auch nur sehr wenig abnutzt, so werden große Blöcke, namentlich von der sogenannten Basaltlava, zu Fundamentmauern, Stützmauern, Sockeln, Treppenstufen, für Hafen- und Uferbauten, Brückenpfeiler u. s. w. verbaut. Weit aus die meiste Verbreitung besitzt Basalt im Straßenbau. Zu Reihenpflastersteinen sind namentlich die körnigen Gesteine geeignet, weil sie am wenigsten der Glättung unterliegen. Als Kleinpflastersteine haben sich aber auch die feinkörnigen und dichten Basalte bewährt. Zur Beschotterung von Straßen und Eisenbahnstrecken als Kleinschlag liefert der Basalt vortreffliches Material; der anstehende Schlamm ist allerdings zäher als bei quarzhaltigen Gesteinen.

**§ 10. Die Sedimentgesteine.** Das Material für die Bildung der Sedimentgesteine ist im letzten Grunde aus der Zerstörung von Eruptivgesteinen hervorgegangen. Mechanische und chemische Kräfte haben beständig auf sie eingewirkt und wirken noch fort. Das Gefüge wird gelockert, manche Stoffe gehen in Lösung, die zurückbleibenden werden unter Mitwirkung der Brandung des Meeres, von Gletschern, Gewässern oder auch Wind transportiert und an anderen, oft weit entlegenen Stellen zur Ablagerung gebracht. Auch alte Sedimente können wieder zerstört und von neuem abgelagert oder umgelagert werden. Man unterscheidet nach der Art der Entstehung:

- a) mechanische Sedimente, das sind solche, die aus transportiertem und aufgehäuften Material bestehen, das nachträglich durch Druck oder durch ein sekundär eintretendes Bindemittel verfestigt wurde;
- b) chemische oder mit Rinne besser Ausscheidungssedimente, deren Masse im Wasser gelöst war und sich aus ihm ausschied infolge zu hoher Konzentration, manchmal wohl auch aus anderer Veranlassung (Entweichen von Kohlensäure infolge von Druckverminderung, z. B. bei Mineralquellen, Auftreten eines Fällungsmittels u. s. w.);
- c) organogene Sedimente, die vorwiegend oder ganz aus organischen Stoffen bestehen (Kohlen u. s. w.) oder doch unter wesentlicher Mitwirkung von Organismen zur Abscheidung gelangt sind (Kalksteine).

## a) Die mechanischen Sedimente, Trümmergesteine, klastische Gesteine.

### 1. Lose Gesteine.

#### Gerölle, Kies, Sand.

Lose aufgehäuften Gesteinsmassen werden je nach ihrer Größe mit bestimmten Namen belegt.

Gerölle nennt man große, gerundete Gesteinsstücke über Faustgröße, die mancherorts zu großen Massen angehäuft vorkommen, so an Meeresküsten als Strandbildung, ferner als Ablagerung aus fließenden Gewässern mit starkem Gefälle, also hauptsächlich von Gebirgsflüssen; endlich können Geröllanhäufungen auch aus Moränen stammen, die von fließendem Wasser aufgearbeitet oder umgelagert wurden. Solche Geröllmassen werden gelegentlich gewonnen und, wenn nötig nach Zerkleinerung, zur Herstellung von Betonmauerwerk verwendet. Man hat grobe Gerölle auch zur Pflasterung von Straßen benutzt; vor solchem Gebrauch kann jedoch nicht genug gewarnt werden. Zu Packungen nimmt man wohl ebenfalls grobe Gerölle, doch eignen sich dazu eckige Gesteinsstücke meist besser.

Kleinere, in Massen aufgehäufte, gerundete Gesteinsstücke von Faust- bis etwa Haselnussgröße werden als Kies bezeichnet. Derartige „reine“ Kieser kommen aber in der Natur nur selten vor; vielmehr ist das, was man im allgemeinen Kies nennt, ein Gemisch von Kies mit Sand, der in wechselnder Menge und in verschiedener Korngröße beigegeben ist. Solche Kieser sind weit verbreitet und hauptsächlich während der Diluvialzeit von den wasserreichen und arbeitskräftigen Flüssen und Strömen aufgeschüttet worden. Da durch die Erosion die Sohle der Täler immer mehr vertieft worden ist, so liegen die verschiedenen alten Flussablagerungen in verschiedenen Talstufen oder Terrassen übereinander, die älteste demgemäß zu oberst am Gehänge. Grobe Gerölle kommen an manchen Stellen darin vor, auch mächtige Blöcke, die man als Geschiebe bezeichnet, und die manchmal  $\frac{1}{4}$  cbm und mehr Inhalt haben, können eingelagert sein; sie sind vermutlich von Eisschollen transportiert worden. Die Zusammensetzung der Kieser ist sehr verschieden, sie hängt davon ab, wie die Gebirge geologisch aufgebaut sind, aus denen die Flüsse kommen, oder die sie durchqueren, oder von welcher Art die Moränen waren, die aufgearbeitet wurden. Kieser aus marinen Ablagerungen sind im allgemeinen einförmiger zusammengesetzt; entweder weil sie nur die Gesteine enthalten, die in der Nähe, an dem alten Strand, anstehend waren, oder weil in ihnen — da die uns zugänglichen marinen Ablagerungen meist höheres (tertiäres oder noch höheres) Alter besitzen — die weniger widerstandsfähigen Gesteine durch Verwitterung oder Zersetzung bereits zerstört sind. Grobe Kieser mit Geröllen werden auch als Schotter bezeichnet.

Kieser und Schotter werden in Gruben und durch Baggerung aus Flüssen gewonnen. Sie werden je nach Korngröße für Beschüttung von Eisenbahnstrecken, im Straßenbau, für Betonmauerwerk u. s. w. verwendet.

Sand. Der Sand ist im allgemeinen ein Material, das einen weiteren Transport und eine oftmalige Umlagerung erfahren hat. Die das Gestein zerstörenden Kräfte, mechanische Zerkleinerung und Zersetzung, konnten ihre Wirkung auf das transportierte Material in besonders hohem Maße ausüben. Darum sind nur die widerstandsfähigsten Gemengteile erhalten geblieben und zwar fast immer vorherrschend, in vielen Sanden aber auch nahezu ganz allein der Quarz. Weitaus die meisten Sande sind also Quarzsande. Da nun die Gesteine, aus deren Zerstörung im letzten Grunde die Quarzsande herkommen, in geringer Menge auch noch andere schwer zerstörbare Gemengteile enthalten, wie Granat, Zirkon, Turmalin, Rutil, Magneteisen u. s. w., so fehlen diese auch in den meisten Sanden nicht ganz; man findet sie aber erst beim Ausschlämmen oder bei der Trennung der Gemengteile nach ihrem spezifischen Gewicht mit schweren Lösungen. Auf die technische Verwendbarkeit haben diese Gemengteile keinerlei nachteiligen Einfluss.

Manche Sande, die vielleicht den zerstörenden Kräften weniger unterlegen haben, führen auch noch Feldspäte (Spatsande). Diese sind aber dann gewöhnlich nicht mehr frisch, sondern teilweise oder ganz in kaolin- oder glimmerähnliche Substanzen umgewandelt. Reichert sich der Feldspat an, so wird unter Umständen die Verwendungsfähigkeit, namentlich zur Mörtelbereitung beeinträchtigt; auch zur Straßen- und Wegdeckung ist solcher Sand weniger geeignet, weil die Feldspäte von den Wagenrädern zermalmt werden und tonige, schlammige Beimischung ergeben.

Nach ihrer Entstehung unterscheidet man verschiedene Arten von Sanden, die auch bezüglich ihrer technischen Verwendungsfähigkeit Unterschiede aufweisen. Aus dem Wasser abgelagert sind die Meeressande oder Seesande und ferner die fluvialen oder Flußsande. Diese können später, nachdem sie trockengelegt worden waren, vom Winde aufgearbeitet worden sein, und dann sind Flugsande, Dünen- sände und Wüstensande entstanden. Nach der Korngröße unterscheidet man unter ihnen Grand, groben, mittel, feinen und sehr feinen Sand. Der Ausdruck Grand ist ursprünglich für mehr eckiges, grobes Material, das aus Moränen ausgewaschen worden ist, angewendet worden. Dann ist er in manchen Gegenden auf sehr grobe Sande übertragen worden, die man besser als feine Kiese bezeichnet, die also etwa 3 bis 10 mm Durchmesser haben. Die beiwörtlichen Bezeichnungen: grob, mittel, fein, sehr fein sind kaum bestimmt zu umgrenzen; ihre Anwendung wechselt mit dem Bedürfnis, was man im einzelnen Falle unterscheiden will. Im allgemeinen kann man annehmen, dass grober Sand 1 bis 3 mm, Mittelsand  $\frac{1}{2}$  bis 1 mm, feiner Sand  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  mm und sehr feiner Sand unter  $\frac{1}{4}$  mm Durchmesser der Körnchen besitzt. Die letzteren werden von manchen Schluff genannt.

Die technische Brauchbarkeit der Sande ist verschieden je nach der Beschaffenheit der Körnchen. Am wenigsten geeignet sind im allgemeinen die Flug- und Dünen- sände. Sie bestehen aus dem feineren Material, das der Wind aus den vom Meer oder von Flüssen aufgehäuften Sanden und Kiesen ausgeblasen und am Boden hin und her getrieben hat. Dabei sind die Körnchen stark abgeschliffen und wohl gerundet worden, haben also annähernd Kugelgestalt angenommen. Sie sind zur Mörtelbereitung als Zusatz nicht zu empfehlen; von Weißbindern oder Tünchern werden sie dagegen wegen ihres feinen und in der Regel sehr gleichmäßigen Kornes gern benutzt. Es sei erwähnt, dass die Dünen- sände, die auf Flussterrassen lagern, häufig einen beträchtlichen Gehalt von fein verteiltem Kalk besitzen, der sich bis zu 30% anreichern kann. Sind solche Sande im Gelände flach ausgebreitet und etwas tonig oder schlickig, oder enthalten sie gar Zwischenlagen von Schlick, dann sind sie vom Wasser wieder umgelagert und in der Regel unrein und unbrauchbar.

Die Flußsande, See- und Meeressande sind im allgemeinen für technische Zwecke aller Art geeignet. Auch da sind die Körnchen der gröberen Sande gerundet, allein die Rundung erreicht nur selten einen so hohen Grad wie bei den Flugsanden; ihre körperliche Gestalt ist verschiedenartiger, sie haften darum besser im Mörtel. Bei den feinen und sehr feinen Sanden beobachtet man sogar vorherrschend kantige und splitterige Gestalten, häufig auch Kristalle. Rinne führt an, dass Versuche ergeben haben, dass Quarzkristalle, die kleiner als 0,1 mm sind, ihre ebenen Flächen beim Transport im Wasser nicht verlieren. Die Korngröße der Flußsande ist häufig zum Unterschied gegen Flugsande wechselnd. Das hängt davon ab, an welcher Stelle die Sande abgelagert wurden, ob bei geringerer oder stärkerer Strömung.

Besonders zu beachten ist der Grad der „Reinheit“ von Sanden; sie sollen in erster Linie, wenn sie als Zuschlag zum Mörtel benutzt werden sollen, möglichst wenig Beimischung toniger oder schlickiger Massen enthalten. Darauf ist auch besonders bei solchem Material zu achten, das für Schüttungen (Dämme, Eisenbahnstrecken, Auffüllungen) verwendet werden soll, denn, wenn namentlich feinkörnige Sande mit toniger oder mergeliger Masse selbst in nur geringem Prozentsatz gemischt sind, neigen sie zum Breitfließen und Rutschen. Am gefährlichsten ist das bei den sogenannten Schleich- oder Triebssanden oder Schwimmsanden, wie sie in der Tertiärformation, aber auch im Diluvium vorkommen. Das ist ungemein feinkörniges Material aus meist kantigen Quarzsplittern, Kristallen und Körnchen mit fein verteilter, mergeliger Beimischung, die manchmal nur wenig mehr als 5% betragen mag. Solche Sande saugen begierig Wasser auf, halten es fest, der Mergel quillt kolloidal auf, und dann fließt, namentlich unter Druck, die Masse breit und ist nicht mehr zu halten.

In den feinkörnigen Sanden, namentlich in marinen, beobachtet man nicht selten Glimmer. Das Vorkommen von Glaukonitkörnchen weist immer auf Meeresablagerung hin; häufen sie sich an, so verursachen sie eine grünliche Färbung (Glaukonitsande, Grünsande).

Die Farbe der Sande kann sehr verschieden sein, je nach den Beimengungen oder Verunreinigungen, die sie enthalten. Reine Quarzsande sehen hellgrau oder weiß aus; sie kommen besonders in der Tertiärformation als Ablagerung von Flüssen oder in Binnenseen vor. Wenn sie fast nur Kieselsäure enthalten, sind sie sehr wertvoll und gesucht zur Glasfabrikation und als Zuschlag bei der Verhüttung des Eisens. Als Färbemittel treten Eisenverbindungen auf; die gelben und bräunlichen Färbungen sind durch Eisenhydroxyd verursacht. Dunkelgraue oder schwärzliche Farben kommen von Manganoxyd oder von organischen, meist kohligen Substanzen her. Grünsande sind oben erwähnt.

Der Name Sand wird manchmal auch auf lockere Massen angewendet, die gar keinen oder doch nur untergeordnet Quarz enthalten. Man sollte dann wenigstens immer das Gestein oder Mineral, aus dem die Körnchen bestehen, mitnennen. Die Spatsande wurden schon oben erwähnt; an ihrer Zusammensetzung nimmt Feldspat teil. Auch sogenannte Kalksande kommen vor, sie bestehen aus kleinen Kalkkörnchen, die entweder oolithischen Aufbau besitzen oder wirklich abgerollte Kalkstückchen sein können. Oder es sind Muschelsande; die Körnchen sind abgerollte Muschelbruchstücke oder auch kleine, manchmal wohlerhaltene Schneckenschalen. Zur technischen Verwendung eignen sich solche Sande weniger.

Das spezifische Gewicht des Quarzes ist 2,65, dasjenige mittleren, trockenen Quarzsandes kann man nach Förster zu 1,5 annehmen.

Löss. Der Löss ist am nächsten dem Quarzsand verwandt, denn er besteht bis zu 70%, auch gelegentlich zu noch etwas höherem Prozentsatz, aus feinstem Quarzstaub mit wenig tonigem Bindemittel und Eisenhydroxyd, das die gelbliche Farbe verursacht. Außerdem ist stets fein verteilter Kalk vorhanden, der bis zu 30, auch 35% angereichert werden kann. Vielfach enthält der Löss Kalkkonkretionen, sogenannte Lösskindl, Lössmännchen oder Lösspuppen. Er besitzt, wenn er nicht umgelagert ist, keine Schichtung und ist vielfach von Kalkröhren durchzogen, die ursprünglich von Wurzeln herrühren, um die sich Kalk angereichert hatte. An manchen Stellen ist der Löss entkalkt; dann entsteht aus ihm Lehm oder Lösslehm; manche versuchen für diese Art des Lehmes den Ausdruck Leimen oder Laimen einzuführen, der aber, wo er lokal von der Bevölkerung gebraucht wird, keineswegs auf den echten Lösslehm beschränkt wird.

Reiner oder fast reiner Löss „steht“, d. h. die steilen Wände, die er oft bildet, oder längs deren die Straßen oder Wege eingeschnitten sind, zeigen, auch wenn sie durchfeuchtet sind, keine Neigung zum Rutschen; sie brauchen also nicht gestützt zu werden. Der Löss ist wasserdurchlässig und zeigt auch, wenn er aufgeschüttet ist, wenig Neigung zum Rutschen oder Breittreiben.

### Die Tone.

Die Tone enthalten alle ein wasserhaltiges Tonerdesilikat (Tonsubstanz), das nach seiner Zusammensetzung dem Kaolin oder dem Glimmer nahesteht. Sie zeichnen sich alle, besonders wenn man das trockene Gestein anhaucht, durch den charakteristischen Tongeruch aus. Das Silikat ist ursprünglich hauptsächlich als Verwitterungs- oder Zersetzungsprodukt der Feldspäte entstanden. Im reinsten Zustande nennt man solchen Ton Kaolinton ( $\text{Si}_2 \text{Al}_2 \text{O}_7 + 2\text{H}_2 \text{O}$ ), der bekanntlich sehr gesucht und wertvoll für die Porzellanfabrikation ist, aber in der Natur nicht häufig vorkommt. Die weitverbreiteten, schlechthin Ton genannten, meist lockeren Gesteinsmassen sind aber etwas von dem Kaolinton durchaus verschiedenes, es sind gemengte Gesteine; sie enthalten also neben dem wasserhaltigen Tonerdesilikat noch andere Gemengteile, die sogar überwiegen können. Das ist namentlich Sand von verschiedenem Korn, der selbst staubförmig sein kann, sodass man ihn erst unter dem Mikroskop erkennt, und dass man selbst mit den feinsten Schlämmethoden Mühe hat, ihn zu isolieren. Außer Quarzkörnchen in den sandigen Beimengungen beobachtet man manchmal auch Feldspatkörnchen und hellen Glimmer. Eisen ist als rotes Eisenoxyd oder braunes oder gelbes Eisenhydroxyd verbreitet; organische Substanzen sind meist die Ursache der dunklen Färbungen und verschwinden beim Glühen; sie können pflanzlicher wie tierischer Natur sein und sich sehr anreichern; sie verursachen nicht selten starken, bituminösen Geruch. Viele etwas kalkhaltigen Tone enthalten Gips in manchmal schönen Kristallen und Rosetten oder in fein verteilter Gestalt; ebenso kommt Kalk vor, entweder in Knollen (Septarien), die innen oft rissig, gekammert oder teilweise hohl sein können, oder fein verteilt; reichert er sich in letzterer Form an, so wird der Ton zum Mergel (s. u.). Weit verbreitet sind endlich Schwefelkies oder Markasit, die sich unter dem Einfluss von Luft und Feuchtigkeit zersetzen können, wobei freie Schwefelsäure entsteht, die auf Holz, Eisenrohre der Wasser- und Gasleitungen u. s. w. zerstörend einwirkt. Marine Tone enthalten zuweilen grünen Glaukonit. Manche Tone sind reich an Versteinerungen.

Man unterscheidet fette Tone und magere Tone. Im fetten Ton ist die Tonsubstanz angereichert; er fühlt sich in feuchtem Zustande geschmeidig oder schlüpfrig wie eine fettige Masse an und besitzt einen hohen Grad von Plastizität. Der magere Ton dagegen ist reich an Beimischungen, namentlich Sand u. a.; er fühlt sich rau an, und der Grad seiner Plastizität pflegt geringer zu sein.

Unter Schlick versteht man im allgemeinen die meist sehr unreinen, tonigen bis mergeligen Massen, die in den Flussniederungen bei Überschwemmungen und in Altwassern abgelagert worden sind.

Mit dem Namen Lehm bezeichnet man ebenfalls ein meist stark verunreinigtes, gelblich oder hellbräunlich gefärbtes Gestein. Ist der Lehm aus der Entkalkung von Löss (s. o.) entstanden, dann besteht er vorwiegend aus feinem Quarzstaub mit Tonsubstanz in verschiedener Menge. Er ist nicht eigentlich mehr plastisch, sondern nur noch knetbar. In der Praxis wird jedoch der Begriff Lehm viel weiter ausgedehnt, auch auf Massen, die sich aus Verwitterungs-, Abschwemmungs- und Umlagerungs-

produkten verschiedener Gesteine toniger oder mergeliger Beschaffenheit zusammensetzen. Man versteht dann nach Förster in der baulichen Praxis unter Lehm alle diejenigen Ziegeltoner, welche weniger als 60% durch Schlämmen abzusondernden Quarzsand und höchstens 15% kohlen-sauren Kalk enthalten.

Weit verbreitet ist der Ausdruck Letten oder Lettig; er ist indessen für kein bestimmtes Gestein zu definieren, weil er sehr verschieden angewandt wird, im wesentlichen gleichbedeutend mit Ton oder fettem Mergel.

Auf manche Tone hat Gebirgsdruck eingewirkt; sie haben dadurch schiefrige Beschaffenheit erhalten und werden darum Schiefertone genannt. Diesen Namen muss man auf diejenigen Tongesteine beschränken, die unter Einwirkung der Atmosphärien und besonders des Wassers, wenn auch allmählich, noch erweichen. Verlieren sie die Erweichungsfähigkeit, dann gehen die Schiefertone in Tonschiefer über. Das spezifische Gewicht des reinen Kaolintones beträgt 2,2 bis 2,4, dasjenige der gemeinen Tone ist verschieden je nach der Menge und Art der Beimengungen.

Die meiste Verwendung für Bauzwecke finden die Tongesteine zur Herstellung künstlicher Steine, also der Lehm vorwiegend zur Ziegel- oder Backsteinfabrikation. Aber auch als Dichtungsmaterial und selbst bei primitivem Hausbau wendet man sie an. Besondere Vorsicht ist bei Verwendung zu Schüttungen geboten, z. B. bei Staudämmen. Namentlich ist darauf zu achten, dass solche Materialien nicht zu reich an staubförmig feinem Sand und dass sie möglichst kalkfrei sind. Andernfalls erweichen sie leicht und neigen zum Abfließen oder Rutschen. Schwere Belastung von freiliegenden derartigen Dämmen durch Straßen oder größere Gebäude sollten vermieden werden.

### Der Mergel.

Als Mergel bezeichnet man lockere Gesteine, die im wesentlichen eine innige Mischung von Ton und Kalk darstellen. Das gegenseitige Verhältnis schwankt; ebenso kann man keine scharfe Grenze bestimmen gegen Tone, die einen geringen Kalkgehalt aufweisen, oder gegen lockere Kalke mit einem gewissen Tongehalt. Zweckmäßig wird man solche weichen Gesteine Mergel nennen, die über 15 bis 20% Kalk und ebenso wenigstens 20% Ton enthalten. Der Kalk ist in manchen Mergeln teilweise oder ganz durch Magnesiumkarbonat (Dolomit) ersetzt. Nebengemengteile, Beimischungen oder „Verunreinigungen“ kommen wie beim Ton vor; das können sein: Sand in verschiedenem Korn, zuweilen auch nur in einzelnen größeren Körnern, Eisenoxyd und Eisenhydroxyd, auch Manganoxyd, organische Substanzen manchmal angereichert, Gips, Schwefelkies u. s. w. Septarien sind auch im Mergel verbreitet.

Mergel werden in großen Gruben zur Zementfabrikation abgebaut und in gelegentlichen, kleineren Aufschlüssen zur Kalkdüngung der Felder gewonnen. Gelegentlich werden sie zu Auffüllungen ähnlich angewandt wie Tone, oft genug zum Schaden des Bauausführenden. Die dichten, gleichmäßig gelagerten und nicht schiefrigen Mergel besitzen im allgemeinen eine große Neigung zum Aufquellen. Sie nehmen das Wasser begieriger und leichter auf als die reinen Tone. Ganz besonders gefährlich sind sie dann, wenn sie Sandschichten als Zwischenlagen enthalten oder mit feinem Sand durchsetzt sind. Dann besitzen sie große Neigung zum Abfließen und Rutschen, und wenn erst eine solche Masse vom Anstehenden losgerissen und in Bewegung geraten ist, dann ist sie in der Regel auch durch kostspielige Entwässerungsanlagen nicht mehr von der Talfahrt abzuhalten. Sind Mergel durch die Hacke gelockert oder bei Erdarbeiten umgeworfen, dann pflegt es lange zu dauern, bis sie sich wieder verfestigen, jeder stär-



kere Niederschlag durchfeuchtet sie wieder, und namentlich verfrieren sie stark. Man sollte darum die Verwendung von Mergeln zu Schüttungen möglichst vermeiden, besonders bei freien Dämmen und Abhängen.

Steinmergel nennt man Gesteine von der gleichen Zusammensetzung, wie sie auch bei gewöhnlichen Mergeln vorkommt, nur sind sie verfestigt und werden auch nach längerer Lagerung im Wasser nicht mehr erweicht. Sie liefern an manchen Orten ein minderwertiges Baumaterial und müssen dann immer gut mit Mörtel bekleidet werden, um sie vor den Atmosphärlinien zu schützen, weil sie sonst rissig werden, verfrieren und zerfallen. Solche Steinmergel lassen sich nur schlecht bearbeiten, sie spalten nicht regelmäßig und haben muscheligen bis splittrigen Bruch.

Mit dem Lokalnamen Pläner bezeichnet man besonders in Sachsen und am Harzrande Gesteine der Kreideformation, die man wohl anderwärts Steinmergel nennen würde, mit denen sie nach ihrer chemischen Zusammensetzung und den petrographischen Eigenschaften übereinstimmen. Die Pläner sind manchmal sehr hart und zäh; sie sind als Bordsteine und als geringwertige Pflastersteine verwendet worden, lokal wohl auch im Hochbau. Die kalkreichen Plänerkalke sind zur Zementfabrikation brauchbar.

In Dolomitmergeln ist der Kalk durch Dolomit ersetzt. Sie sind zur Mörtel- und Zementbereitung unbrauchbar, auch sonst für Bauzwecke sehr minderwertig. Sie erscheinen im Anstehenden sehr fest, besitzen aber die Neigung, nach längerer Lagerung an der Luft in unregelmäßige Stücke zu zerfallen.

## 2. Feste Gesteine.

Breccien. Unter einer Breccie versteht man ein Gestein, das aus größeren, wenigstens einige Millimeter großen, eckigen Gesteinsbruchstücken besteht, die durch ein Bindemittel verkittet sind. Die Stücke sind vom Wasser nicht oder doch nur sehr wenig transportiert; darum sind die Ecken und Kanten nicht gerundet. Zu Bauten werden solche Gesteine selten und meist nur lokal verwendet, zuweilen sieht man indessen brecciöse Gesteine geschliffen und poliert, wenn sie eine gewisse Gleichmäßigkeit und ein hartes, dichtes Bindemittel aufweisen.

Man kennt vulkanische Breccien, bei denen Gesteinstrümmer durch eine ursprünglich glutflüssige Masse, also Lava verkittet sind, ferner Druckbreccien, Reibungsbreccien oder Verwerfungsbreccien, Gesteine, die aus zertrümmertem Gebirge an Verwerfungs- und Überschiebungsflächen entstanden sind. Manchmal sind beträchtlichere Gesteinsmassen, z. B. Kalke oder Marmore, durch Gebirgsdruck stark zertrümmert, und die Bruchspalten und Spältchen sind nachträglich durch anders gefärbtes Bindemittel (meist ebenfalls Kalk) wieder verkittet. Derartige Breccien bieten auf geglätteten Flächen ein nicht unschönes, interessantes Aussehen und sind zur dekorativen Verwendung geeignet.

Endlich begegnet man bei Bauten zuweilen Muschelbreccien. Darunter versteht man Gesteine, die zum größten Teile aus Bruchstücken, aber sehr oft auch aus ganzen Schalen von Muscheln und Schnecken zusammengesetzt sind, die durch ein Bindemittel — fast immer Kalk oder Dolomit, in seltenen Fällen wohl auch Kieselsäure — zusammengehalten werden. Sie haben in der Regel auf dem Bruch eine raue Fläche, und wenn an ihrem Aufbau größere Versteinerungsreste beteiligt sind, dann sind sie reich an unregelmäßig verteilten, meist nicht untereinander in Verbindung

stehenden Hohlräumen. Solche Gesteine sind leicht zu bearbeiten und erzielen im Hochbau gelegentlich die gleiche Wirkung wie die Muschelkalke des Mains.

Konglomerate sind Gesteine, bei denen Gerölle, also vom Wasser transportierte und darum gerundete Gesteinsstücke, durch ein Bindemittel zusammengehalten werden. Als solches kann Kalk, Kieselsäure, Eisenerz auftreten, aber auch mehr oder minder feinkörniger Sandstein; so sind z. B. das Hauptkonglomerat und Eck'sche Konglomerat im Buntsandstein in Südwestdeutschland streng genommen Sandsteine mit Geröllen, die sich allerdings nicht selten sehr anreichern. Zum Bau sind solche Buntsandstein- und andere Sandsteinkonglomerate geringwertige Gesteine. Verbreitet sind aus sehr mannigfaltigen Gesteinen zusammengesetzte Konglomerate der Tertiärformation, besonders in der Schweiz; sie haben kalkig-sandiges Bindemittel und werden Nagelfluh genannt. Unter Puddingstein versteht man ein alttertiäres (eozänes) Gestein, bei dem die Gerölle durch Kieselsäure dicht verbunden sind. Das Gestein ist darum äußerst hart, nimmt aber sehr gut Politur an und sieht schön aus.

### Sandstein.

Wird Sand durch ein Bindemittel verkittet, so entsteht Sandstein. Ähnlich, wie oben für den Ausdruck Sand bereits bemerkt, versteht man auch unter dem allgemein angewendeten Namen Sandstein lediglich solche Gesteine, bei denen die Körnchen aus Quarz bestehen. Daneben kommen fast immer nur in geringer Menge zufällige oder Nebengemengteile wie Zirkon, Turmalin, Anatas, Granat, Rutil, Magnet-eisen, Disthen u. a. vor. Nur der Glimmer reichert sich in manchen Sandsteinen an. Die Quarzkörnchen sind in der Regel gerundet; manchmal beobachtet man allerdings auch in größerer Menge Kristalle, die, wenn kieseliges Bindemittel vorhanden ist, sekundär gebildet sind.

Das Bindemittel kann verschiedener Art sein; man unterscheidet danach:

Kieselige Sandsteine oder auch quarzitische Sandsteine. Bei ihnen bildet also Kieselsäure das Bindemittel, die aber nicht immer amorph, also opalartig zu sein pflegt, sondern vielmehr als Chaledon und selbst als Quarz vorhanden ist. Wenn die Quarzkörnchen an Menge zurücktreten und dafür das Bindemittel sich anreichert, so wird das Gestein dicht, sehr hart und erhält hohe Druckfestigkeit; man nennt es dann Quarzit. Weiße und dann meist sehr reine Quarzite sind zur Glasfabrikation und für Eisenhütten sehr gesucht; sie finden sich häufig als Knollensteine, als Reste einstmaliger Tertiärbedeckung auf den Plateaus in Thüringen, im südlichen Hannover u. s. w.; manchmal findet man sie auch noch in wohlgeschichteten Bänken anstehend. Aber auch in älteren Formationen kommen quarzitische Gesteine vor.

Zu Bauten werden dichte Quarzite eigentlich nur in Form von Bruchsteinen verwendet, weil sie sich sehr schwer bearbeiten lassen. Dagegen sind quarzitische oder kieselige Sandsteine ein sehr wertvolles Material, wegen ihrer Festigkeit und Wetterbeständigkeit, namentlich auch für Ingenieur- und insbesondere für Wasserbauten. Die Bearbeitungsfähigkeit für ornamentale Ausbildung hängt von der Menge des Bindemittels ab; diese darf nicht zu reichlich und das Gestein nicht zu dicht geworden sein. Ist andererseits das Bindemittel zu gering und das Gestein infolge dessen zu porös, so verfriert es leicht und zerfällt manchmal in Sand. Quarzite und quarzitische Sandsteine werden durch Säuren nicht angegriffen.

Sandsteine mit tonigem Bindemittel, Tonsandsteine sind in den Formationen außerordentlich verbreitet; sie finden auch baulich sehr ausgedehnte Verwendung,

wobei diejenigen, in denen das Bindemittel in mittlerer Menge vorhanden ist, die besten sind. Dann sind sie vortrefflich zu bearbeiten, selbst mit den feinsten Ornamenten, und besitzen in der Regel auch genügende Wetterbeständigkeit. Ist dagegen das Bindemittel an Menge zu gering, dann sinkt die Druckfestigkeit, der Stein ist weich, sehr stark porös, verfriert leicht und bricht gern bei der Bearbeitung. Ebenso schädlich ist zu reichliches Bindemittel; das saugt Wasser auf, der Stein hält dann ebenfalls dem Frost nicht stand und blättert ab. Das tonige Bindemittel ist beim Anhauchen des trockenen Steines an dem dann hervortretenden, charakteristischen Tongeruch leicht zu erkennen. Säurebeständig sind Tonsandsteine nicht.

Sandsteine mit kalkigem Bindemittel, Kalksandsteine. Die Menge des Bindemittels ist schwankend; wird der Kalkgehalt sehr hoch, dann liegen sandige Kalke vor, die nicht mehr porös zu sein pflegen, also damit auch den Charakter des eigentlichen Sandsteins verloren haben. Gute Kalksandsteine lassen sich etwas schwerer bearbeiten als solche mit tonigem Bindemittel. Erfahrungsgemäß halten sich manche, hauptsächlich die stark porösen mit nicht viel Bindemittel schlecht; sie werden in großen Städten und Industriebezirken durch schwefelige Säure, die aus den Verbrennungsgasen herrührt, angegriffen, sodass namentlich feinere Ornamente zerstört werden. Das kalkige Bindemittel ist daran zu erkennen, dass es beim Betupfen mit kalter verdünnter Salzsäure aufbraust.

Dolomitische Sandsteine enthalten dolomitisches Bindemittel, das man daran erkennt, dass es erst mit erwärmter verdünnter Salzsäure aufbraust. Die Gesteine sind nicht häufig und verhalten sich ähnlich wie Kalksandsteine.

Sandsteine mit eisenschüssigem Bindemittel kommen in Deutschland in der Buntsandsteinformation, im Rotliegenden, seltener in anderen Stufen vor. Bei ihnen werden die Quarzkörnchen durch das Erz zusammengehalten, das in der Regel Eisenoxydhydrat ist. Eisenoxyd kommt wohl seltener bei wirklichen Sandsteinen vor. Unter dem Mikroskop bemerkt man übrigens sehr häufig, dass nicht das Erz allein den Zement bildet, sondern kieselige oder quarzitisches oder sehr feinsandige Masse in geringer Menge verbreitet ist, die nur durch den Eisenoxydabsatz stark gefärbt und verdeckt wird. Die einzelnen Körnchen sind vielfach mit einem sehr dünnen Häutchen von Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat überzogen. Alle eisenschüssigen Sandsteine haben warme rote, braune, auch gelbe Farben; sie geben bei genügender Druckfestigkeit gute Bausteine.

Man spricht auch von Mergelsandsteinen, die also ein tonig-kalkiges oder tonig-dolomitisches Bindemittel haben; sie spielen als Bausteine keine wesentliche Rolle.

Grünsandstein oder Glaukonitsandstein kommt in verschiedenen Formationen vor, in Deutschland ist er am meisten als Essener Grünsand von der Basis der oberen Kreideformation (Cenoman) bekannt. Solche Sandsteine enthalten Quarz und neben diesem bald in größerer, bald in geringerer Menge Glaukonit (im wesentlichen ein wasserhaltiges Silikat von Eisenoxyd und Kali). Das Bindemittel ist dann meist tonig oder mergelig, mitunter besteht es auch aus feinsten Schüppchen von Glaukonit selbst. Als Bausteine kommen Grünsandsteine nur wenig vor, ihre Verwendungsmöglichkeit hängt von der Beschaffenheit des Bindemittels ab. Meist sind es mürbe Gesteine. Allerdings kommen auch gute Gesteine vor, die dekorativ an Denkmälern oder an Gebäuden schön wirken.

Sandsteine, die Eisenkies enthalten, sind für Bauzwecke nicht geeignet, da sich solcher sehr leicht zersetzt.

Die Farbe der Sandsteine kann sehr verschieden sein. Wo Eisenoxydhydrat oder seltener Eisenoxyd verbreitet ist, herrschen, wie erwähnt, rote, bräunliche und gelbe Farben. Tritt Mangan auf, so finden sich dunkelgraue und violette Töne, ebenso können organische (hauptsächlich kohlige), feinverteilte Substanzen dunkle Farben veranlassen. Manche, wie z. B. die Schilfsandsteine des Keupers, sind flammig gezeichnet; auch fleckige, sog. Tigersandsteine sind nicht selten. Zu diesen letzteren gehören die Pseudomorphosensandsteine der unteren Abteilung des mittleren Buntsandsteins in Südwestdeutschland. Diese allgemein roten Sandsteine sind mit dunkleren, braunen, auch fast schwarzen Flecken (manchmal aber auch Hohlräumen) übersät. An manchen erkennt man noch deutlich, dass jeder solche Fleck ursprünglich Kalkspatkristallen (zwei sich kreuzenden Skalenödern) entsprach, die nachträglich durch die zirkulierenden Gewässer herausgelöst und durch Eisenhydroxyd oder Manganoxyd oder -hydroxyd ersetzt wurden. Feiner Sand war schon in den Kristallen vorhanden und blieb mit zurück. Tigersandsteine kommen auch in anderen Formationen vor; die Flecken sind auch da durch Umsetzungsvorgänge hervorgerufen.

Manche, sonst gleichmäßig gefärbten Sandsteinmassen verlieren in bestimmten Zonen ihre Farbe und werden weiß. Gewöhnlich kommt dies in der Nähe von Verwerfungsspalten vor, auf denen und in deren Nähe Gewässer zirkulieren, die die entfärbende Wirkung hervorgebracht haben. An der Oberfläche wirkt auch das Eindringen von Humussäure mit den Sickerwassern entfärbend.

Im allgemeinen sind die Sandsteine wohl geschichtet. Im Anstehenden treten indessen die Schichtflächen oft nur in größeren Abständen deutlich hervor, indem sie bankförmige Absonderung veranlassen; gewöhnlich ist dafür eine manchmal nur geringfügige Änderung im Bindemittel oder in der Korngröße die Veranlassung. Tritt dazu noch eine vertikale Gliederung durch Klüfte, so entstehen mächtige, parallelepipedische Blöcke, sogenannte Quader. Man spricht dann von Quadersandstein, der in Deutschland, besonders in der oberen Kreideformation im Elbsandsteingebirge und am Harzrande typisch entwickelt ist. Aus den Blöcken schafft die Verwitterung wollsackähnliche Gestalten, auch andere grotesken Formen, Türme, Figuren u. s. w.

In vielen Sandsteinen reichert sich der Glimmer an, und wenn er in Menge die Schichtflächen bedeckt, so erzeugt er Absonderungsflächen, die sich bei der Bearbeitung sehr unangenehm bemerkbar machen können. Manche Sandsteine werden infolge seines massenhaften Auftretens geradezu schiefrig. Sie werden in dünnen Platten gewonnen und zum Dachdecken, zu Bodenbelag u. s. w. verwendet.

Wenn Sandstein keine regelmäßige, horizontale Schichtung aufweist, sondern die oben beschriebene Kreuzschichtung, so pflegt er für Bauzwecke nicht geeignet zu sein. Solche Gesteine haben sehr unregelmäßige Verteilung des Bindemittels und wechseln in der Korngröße. Die einzelnen Flächen sondern sich darum sehr gern voneinander ab. Die Verwitterung findet also leichte Arbeit vor, und in der Tat beobachtet man sehr häufig, selbst an Bauten, die noch gar nicht alt sind, dass gerade die Blöcke mit Kreuzschichtung absanden, wenn sie nicht schon ganz zerfallen sind. Gegen starke Temperaturdifferenzen sind solche Steine besonders empfindlich. Trotzdem verwenden moderne Architekten in der Sucht, wechselvolles Aussehen zu erzielen, mit besonderer Vorliebe derartige minderwertigen Sandsteine, oft zum Nachteile des Bauwerkes.

Auf eine gleichmäßige Korngröße sollte man bei den Bausandsteinen besonders achten. Ein Wechsel darin ist immer ein Beweis dafür, dass auch in den physikalischen Bedingungen während der Ablagerung eine Änderung eintrat. Gesteine

mit wechselndem Korn werden in der Regel auch wechselnde Festigkeit der einzelnen Schichten, häufig auch verschiedenen Grad der Wetterbeständigkeit aufweisen und das um so mehr, als gewöhnlich mit dem Korn auch die Menge, selbst auch die Beschaffenheit des Bindemittels wechseln kann.

Im bruchfeuchten Zustande lassen sich die Sandsteine am besten bearbeiten; das gilt besonders für solche mit tonigem Bindemittel. Sind sie ausgetrocknet, dann pflegen sie härter und häufig auch etwas spröder zu sein. Feuerbeständig sind Sandsteine nicht, weil das Bindemittel in der Hitze zerstört wird. Nur dichte Quarzite verhalten sich etwas günstiger.

Das spezifische Gewicht schwankt naturgemäß ziemlich weit mit der Natur und der Menge des Bindemittels und in Abhängigkeit von der Porengröße und -menge. Die letztere kann bis über 25% steigen. Man findet Zahlen für spezifisches Gewicht = 2,00 bis 3,00, im Mittel zwischen 2,2 und 2,5.

Am Aufbau der Erdkruste nehmen die Sandsteine unter den geschichteten Gesteinen in außerordentlich großer Menge teil. Sie können in allen Formationen auftreten. Manche sind reich an Versteinerungen, die oft nur als sogenannte Steinkerne erhalten sind. Die Kalkschale ist herausgelöst, und nur der aus Sandstein bestehende innere Kern mit dem inneren Abdruck der Schale ist erhalten geblieben. An Stelle der Schale ist also ein Hohlraum getreten, und der wirkt für Bausteine oft nachteilig, weil, wenn mehrere solcher Fossilien nebeneinander lagern, der Stein nach dieser Fläche oft unvermutet bricht, wenn er bereits fertiggestellt ist. Auch Pflanzenreste sind oft auf den Schichtflächen ausgebreitet und können den gleichen Schaden verursachen.

Arkosesandsteine oder Arkosen enthalten neben Quarz in bald größerer, bald geringerer Menge Feldspat und oft auch Glimmer. Es sind meist wenig feste Gesteine, die sich für Bauzwecke nicht gut eignen.

Unter Grauwacken versteht man Sandsteine, die bis zu gewissem Grade brecciösen oder konglomeratischen Charakter tragen. Sie bestehen aus Körnern und eckigen Bruchstücken von Quarz, in geringerer Menge auch von Feldspat; auch Glimmer fehlt nicht. Charakteristisch ist aber, dass sie auch kleine und etwas größere, etwa bis haselnussgroße Brocken anderer Gesteine führen, namentlich Kieselschiefer und Tonschiefer. Das Bindemittel ist kieselig, tonig oder auch kalkig. Die Farbe pflegt grau bis dunkelgrau zu sein, wobei nicht selten feinverteilte, kohlige Substanz die Ursache des dunklen Tones ist.

Grauwacken sind in den älteren Formationen, namentlich im Karbon und Devon, auch im Silur verbreitet. Es pflegen sehr feste Gesteine zu sein mit Druckfestigkeitszahlen bis über 3000 kg/qcm. Sie werden darum technisch sehr geschätzt und in neuerer Zeit besonders als Pflastersteine viel angefordert. Sie bewähren sich oft so gut wie die besten Granite. Auch als Bausteine im Hoch- und Ingenieurbau, als Mühlsteine, Randsteine, Kleinpflaster und Schotter finden sie viele Verwendung.

### **Tonschiefer.**

Unter Tonschiefer versteht man im Gegensatz zu den oben bereits erwähnten Schiefertönen feste Gesteine, die beim Anschlagen mit dem Hammer einen hellen Klang geben, der aber ausbleibt, wenn sie mürbe, rissig oder durch Verwitterung gelockert sind. Das Gefüge ist im allgemeinen gleichmäßig dicht; unter dem Mikroskop im Dünnschliff finden sich indessen vielfach Quarzkörnchen, Glimmer, gelegentlich auch noch andere harte Mineralpartikelchen, Eisenerze u. s. w. In manchen Schiefen ist Eisenkies ver-

breitet, der dann oft als Versteinerungsmittel, manchmal sehr zahlreicher Versteinerungen auftritt. Manchen Schiefen ist feinverteilter Kalk beigemischt, seltener auch in runden Knollen oder Knauern. Die Farbe der Schiefer ist verschieden. Am verbreitetsten sind dunkle, schwarze oder blauschwarze Farben, manchmal auch mit einem Stich ins Grünliche. Aber auch hellere Töne: grün, rötlich, gelb, grau bis hellgrau kommen vor.

Baulich werden die Schiefer hauptsächlich zum Dachdecken (Dachschiefer) und in Gebirgen zur Verkleidung der Außenwände gebraucht. Dickere Platten werden als Fußbodenbelag in Fluren und Wirtschaftsräumen, wenn sie etwas Politur (meist nicht bis zum Hochglanz) annehmen, auch zur Wandbekleidung und zum Bau von Bedürfnisanstalten gern genommen (Tafelschiefer).

Indessen sind nicht alle Schiefer gleich gut; sie können durch die Nebengemengteile minderwertig werden. Vor allem ist das Vorkommen von Eisen- oder Schwefelkies schädlich und das ganz besonders, wenn noch etwas Kalkgehalt vorhanden ist. Es findet dann eine Umsetzung statt, wobei Schwefelsäure frei wird und als Endprodukte Eisenoxydhydrat und Gips entstehen. Der Gips ist löslich, er kommt an die Oberfläche der Platten; diese erhalten eine unschöne, graue Farbe mit braunen Flecken, sie werden auch gelockert und zerfallen schließlich. Kalkgehalt ist auch allein bis zu gewissem Grade schädlich, weil er durch die kohlen säurehaltigen, atmosphärischen Gewässer gelöst wird. Die Platten werden bei stärkerem Gehalt infolge dessen mürbe und auch wasser- aufnahmefähig; sie sind nachher nicht mehr frostbeständig.

Tonschiefer sind namentlich in den älteren geologischen Formationen verbreitet. Es kommt vor, dass die Schichten so dünn sind, dass größere Platten gewonnen werden können, die dann nach Flächen, die den Schichtflächen parallel gehen, gespalten werden können. Meist ist aber die Schieferung eine Folge des Gebirgsdruckes, und dann fallen Schieferung und Schichtung nicht zusammen, sondern die Schieferungsrichtung kreuzt die Schichtung unter einem, manchmal z. B. bei Faltung der Schichten, gegen diese wechselnden Winkel. Die Schieferungsflächen stehen immer senkrecht zur Druckrichtung. Die Schichtung erkennt man dann noch an gewissen parallelen Ablösungsflächen und nicht selten auch an einem Wechsel im Gestein, das durch Aufnahme von Quarz u. s. w. z. B. etwas körnig werden oder in der Farbe wechseln kann. Ausgezeichnete Druckschieferung weisen die Dachschiefer auf, die sich vorzüglich in ganz gleichmäßig dünne Platten spalten lassen.

Bekannte Dachschieferbrüche liegen im rheinischen Schiefergebirge, am Rhein und an der unteren Lahn, ferner im östlichen Thüringen, im westlichen Sachsen (Lössnitz) und am Harz in der Gegend von Goslar. Gute Tafelschiefer kommen aus den französischen Alpen u. s. w.

#### b) Die chemischen oder Ausscheidungssedimente.

In diese Gruppe gehören Gesteine, deren Stoffe im Wasser gelöst waren. Das Material, aus dem sie bestehen, setzte sich also nicht nach weiterem Transport nur mechanisch ab, sondern fiel infolge zu starker Konzentration, Verdunstung des Wassers oder Hinzutreten eines Fällungsmittels aus einer Lösung aus, oder kristallisierte aus und zwar im wesentlichen aus Meerwasser. Hierher gehören Gips, Anhydrit, Steinsalz und die sogenannten Abraumsalze, das sind die Kalium-Magnesiumsalze. Auch Schwerspat, gewisse quarzartige Gesteine und viele Kalksteine gehören zu den chemischen Sedimenten; wir behandeln aber die Kalksteine im Zusammenhang

erst im Anhang zum folgenden Abschnitt, weil bei der Entstehung der meisten Lager eine Mitwirkung von Organismen stattgefunden hat.

Von den genannten typischen Ausscheidungssedimenten kommt als natürlicher Baustein nur in ganz untergeordnetem Maße Gips in Anwendung, darum soll er im folgenden kurz beschrieben werden.

Gips ist wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk und kommt in fast allen Formationen vor. In Deutschland finden sich abbauwürdige Lager in der oberen Juraformation (im Münder Mergel), im mittleren Keuper, mittleren Muschelkalk und im oberen Buntsandstein oder Röt, ferner in großen Mengen in der Zechsteinformation, besonders in der weiteren Umgebung des Harzes über Tage anstehend. Die sekundäre Entstehung aus Anhydrit (wasserfreiem schwefelsauren Kalk) ist an manchen Orten schön zu beobachten; man sieht da stark gewundene, gefaltete oder gepresste Struktur, die sich durch die Volumvergrößerung bei der Wasseraufnahme erklärt. Meist ist er massig entwickelt, aber namentlich im Keuper und auch im Röt kommen wohl geschichtete Ablagerungen von dichtem Gips vor, in die nicht selten mehr oder minder dünne Lagen von Fasergips eingeschaltet sind. Solche Bänke dichten, meist grau gefärbten Gipses sind gebrochen und zum Bau verwendet worden, z. B. im alten, jetzt wieder weggerissenen Schloss zu Jena, an dessen Stelle die neue Universität steht. Da der Gips nur die Härte 2 besitzt und nur sehr geringe Druckfestigkeit (50 bis 70 kg/qcm) aufweist, so hat er sich als Baustein in keiner Weise bewährt. Er ist im Wasser löslich, darum nicht wetterbeständig.

Günstiger ist die Verwendung im Inneren von Gebäuden zu beurteilen. Namentlich der weiß, gelb, oder in rötlichen, grünlichen Farben vorkommende Alabaster nimmt sehr schön Politur an und lässt sich sehr leicht bearbeiten. Er kommt ja in Figuren und allerhand feinen Kunstgegenständen in den Handel, meist aus Toskana.

Die weiteste Verwendung findet Gips zur Mörtelbereitung, die hier nicht besprochen werden kann.

### c) Die organogenen Sedimente.

Organogene Sedimente sind in engerem Sinne solche, die lediglich aus organischen Stoffen bestehen. Das sind also die Kohlen: Anthrazit, Steinkohle, Braunkohle, Torf und Moor und ferner Asphalt, Erdpech und Bitumen und Erdöl, Petroleum und Naphtha, endlich Bernstein.

Da keines dieser Gesteine als Baustein vorkommt, so fällt ihre Besprechung nicht in den Rahmen dieses Buches.

Nur über Asphalt sollen einige Bemerkungen Platz finden. Er stellt wie andere bituminöse Stoffe eine Kohlenwasserstoffverbindung dar mit Sauerstoff, Stickstoff und Asche in wechselnden Mengen. Verhältnismäßig reine Massen kommen von der Insel Trinidad, vom Toten Meer, Los Angeles in Kalifornien. Aber auch in Deutschland finden sich gelegentlich sehr reine asphaltische Massen eingesprengt in Trümmern und Adern der Kalksteine und Sandsteine, z. B. in der Kreide- und Tertiärformation. Sie sind jedoch nie bauwürdig.

Das Gestein, das in Deutschland unter dem Namen Asphalt bekannt ist, ist Kalkstein, der mit bituminösen Stoffen durchtränkt ist, unter denen sich bei gutem Material auch 5 bis 10% Asphalt befindet. Solche Kalksteine finden sich bei Hannover, Vorwohle, Eschershausen am Ith. Sie werden abgebaut, gemahlen und unter Zusatz von

Trinidadasphalt, sowie von schwer siedenden Kohlenwasserstoffverbindungen, die bei der Braunkohlenschwelerei gewonnen werden, zu dem Material verarbeitet, das im Bauwesen als Asphalt verwendet wird.

### Die Kalksteine.

Die Kalksteine bestehen im wesentlichen aus Kalkspat und zwar nicht allein die deutlich kristallinischen, sondern auch die dem bloßen Auge dicht erscheinenden Gesteine. Nur bei einem geringen Teil, nämlich bei solchen, die in der Jetztzeit aus heißem Wasser, hauptsächlich Mineralquellen, zum Absatz gekommen sind (z. B. Karlsbader Sprudelstein), wird der Kalkspat durch Aragonit, also die rhombisch kristallisierende Art des kohlen-sauren Kalkes ganz oder teilweise ersetzt. Das spezifische Gewicht des Kalkspates beträgt 2,6 bis 2,8, das des Aragonits 2,9 bis 3,0. Gesteine, die von dem letzteren größere Mengen enthalten, sind also etwas schwerer. Härte 3.

Chemisch sind alle Kalksteine leicht zu bestimmen, weil sie sich unter Aufbrausen in kalter verdünnter Salzsäure lösen. Auch mit Essigsäure tun sie das. Hat man zur Prüfung nur Schwefelsäure zur Hand, so kann man auch diese verwenden, nur findet an nicht gepulverten Stücken die schnelle Lösung nur kurze Zeit statt, weil sich dann schwefelsaurer Kalk (Gips) bildet und das Gestein wie mit einer Schutzrinde überzieht.

Die Kalksteine sind vielfach nicht rein, sie enthalten als Beimengung Ton, dolomitische Substanz (Magnesiumkarbonat), Mangan und organische Substanzen. Reiner kohlen-saurer Kalk enthält 56% CaO und 44% CO<sub>2</sub>.

Entstehung. Kalkspat, CaCO<sub>3</sub> = CaO · CO<sub>2</sub>, entsteht als Neubildung bei der Zersetzung vieler Gesteine; er ist in kohlen-säurehaltigem Wasser als doppelkohlen-saurer Kalk, also CaO + 2CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O löslich. Wird nun Kohlen-säure dem Wasser aus irgend einem Grunde wieder entzogen, z. B. durch Verminderung des Druckes, Erwärmen, Verdunsten u. s. w., so fällt in entsprechendem Maße einfach kohlen-saurer Kalk aus. Es kann also Kalkstein als chemisches Sediment auf anorganischem Wege entstehen. Zur Erklärung der ungeheuren Kalkmassen, die in den Formationen enthalten sind, genügt aber dieser Vorgang nicht, da kommt die Mitwirkung der organischen Welt, hauptsächlich der Tiere, manchmal aber auch von Pflanzen in Betracht. Man unterscheidet danach zoogene und phytogene Kalksteine. Die Hartteile der niederen Tiere bestehen aus kohlen-saurem Kalk, und diesen entnehmen sie dem Wasser, um ihn mit Hilfe eines noch nicht genügend aufgeklärten, physiologisch-chemischen Prozesses in kristallinischer oder kristallisierter Form zur Schalen- oder Skelettbildung wieder auszuscheiden, mit oder ohne zwischengelagerter, organischer Substanz, oder von solcher überzogen (Epidermis). Nach dem Absterben der Tiere sinken die Schalen zu Boden, oder die Hartteile bleiben, wie bei den riffbildenden Korallen, als mächtige, massige Felspartien erhalten. Die organische Substanz wird zerstört, dann können die Schalen zerfallen; in großer Tiefe unter hohem Druck spielen auch vielleicht Lösungsvorgänge eine Rolle und die Bildung von Kalkschlamm durch Ausfallen des Kalkes. In der Tat bestehen sehr viele Kalksteine ganz oder fast ganz aus größeren Schalen und Gehäusen, oder aus Schälchen mikroskopisch kleiner Tiere oder Schalenbruchstücken, durch dichte Masse verkittet.

Etwas anders wirken Pflanzen kalksteinbildend. Hauptsächlich kommen dabei Kalkalgen in Betracht, gelegentlich auch Moose u. a. Diese entziehen dem Wasser Kohlen-säure, und dadurch wird, wie oben schon ausgeführt ist, Kalk zum Ausfallen



gebracht. Dieser inkrustiert dann die Pflänzchen. Derartige Kalke kommen sowohl in marinen wie in Süßwasserablagerungen vor. In letzteren sind sie aber viel häufiger als Wiesenkalke und Kalktuffe, namentlich am Fuße kalkreicher Berge über undurchlässigem Untergrunde ausgebreitet.

Kalksteine sind oft sehr versteinierungsreich, doch sind die Schalen nicht selten so innig mit dem Gestein verwachsen, dass sie sich nicht herauslösen; erst die Verwitterung kann das vermitteln.

Als Kalkstein bezeichnet man gemeinhin dichte bis feinkörnige Gesteine, die dem Auge in ihrer Struktur ein gleichmäßiges Aussehen bieten. Auch bei der Betrachtung im Dünnschliff unter dem Mikroskop gewähren sie im allgemeinen ein sehr gleichartiges Bild, indem man meist nur ein Aggregat von Kalkspatkörnern erkennt mit den charakteristischen Spaltrissen, die sich unter den Winkeln des Rhomboeders kreuzen. Manchmal gesellen sich dazu Schalenbruchstücke, und in nicht reinen Kalken Sandkörner oder Tonsubstanz, Schwefelkies, Erze, auch Glimmer und einige andere Mineralien. Wenn das Gestein Gebirgsdruck erfahren hat, sind Risse entstanden, die durch Kalkspat, der aus den zirkulierenden Gewässern zur Ausscheidung gekommen ist, wieder verkittet sind. Solche Adern ziehen sich manchmal wie Schnüre durch die Kalkfelsen.

Die Kalksteine sind im allgemeinen wohlgeschichtet und oft sehr reich an Versteinierungen, nach denen sie in der Geologie vielfach benannt werden. In manchen sind solche so angehäuft, dass das Gestein nur aus Schalenbruchstücken besteht. Am auffallendsten sind die Krinoidenkalke, zu denen auch der Trochitenkalk des oberen Muschelkalkes gehört. Sie bestehen lagen- oder nesterweise nur aus den Stielgliedern von Seelilien, die stets nach den Rhomboederflächen des Kalkspats brechen und auf diesen perlmutterartigen Glanz aufweisen. Es sind meist sehr reine Kalke, die sich z. B. zum Brennen eignen. Dichte oder feinkörnige Kalksteine nehmen sehr schöne Politur an. Sie werden dann gern zur Innendekoration, als Platten zum Belegen von Fußböden, zur Bekleidung von Wänden u. a. m., zur Anfertigung von Tafeln, Tischplatten u. s. w. verwendet. Auch da benutzt man gern versteinierungsreiche Kalke, sogenannte Muschel-marmore, weil die Durchschnitte von Korallen, Schwämmen, Krinoiden, Muscheln, Schnecken und Ammoniten in ihren regelmäßigen und zierlich gegliederten Querschnitten ein abwechslungsreiches und interessantes Aussehen hervorbringen.

Eine auffallende Erscheinung in manchen dichten Kalken sind die sogenannten Stylolithen oder Suturen. Das sind im Querschnitt Linien, die sich über die Kalksteinfläche hinziehen und das Aussehen von Nähten, wie sie die Schädelknochen verbinden, oder von unregelmäßigen Verzahnungen besitzen. Sollen Gesteine poliert werden, so sind solche Stylolithen oder Suturen störend. Ob aber wirklich, wie man oft liest, längs dieser Flächen ein Verfrieren oder Zerfallen gar so sehr zu befürchten ist, erscheint mir zweifelhaft. Denn in den Muschelkalkgebieten, z. B. in Göttingen, Jena, Weimar, Würzburg u. s. w. sieht man Bord- und Randsteine, auch Platten mit Stylolithen auf Straßen und Fußwegen sehr häufig. Ich habe nie beobachtet, dass längs dieser Flächen ein Bruch oder Auseinanderfallen erfolgt war.

Die Farbe der Kalksteine kann sehr mannigfaltig sein. Weiße und hellgraue Farben sind in der oberen Juraformation (Malm, auch weißer Jura genannt) sehr verbreitet, finden sich aber auch in anderen Formationen. Man beobachtet je nach dem Färbemittel Eisenoxyd, Eisenhydroxyd, Schwefelkies, Mangan, Glaukonit, gelbe, rote, braune, graue und grüne Töne; auch Flecken und Bänder kommen vor. Schwarze

Farben sind oft durch organische Substanz hervorgerufen. Bituminöse Stoffe können sich so anreichern, dass das Gestein nach dem Aneinanderreiben zweier Stücke oder Beklopfen mit dem Hammer stinkt, darum heißen sie Stinkkalke. Die an bituminösen Stoffen besonders reichen Asphaltkalke sind oben beim Asphalt besprochen. Eine Eigentümlichkeit ist besonders bei sehr dichten und festen, grauen Kalksteinen weit verbreitet, dass sie nämlich im Innern großer Blöcke oder Knollen dunkelblau aussehen. Es mag die dunkle Färbung von äußerst fein verteilter organischer Substanz, vielleicht auch durch Spuren von Eisenkies hervorgerufen sein, die von den Rändern her ausgebleicht werden.

Der Bruch der Kalksteine ist verschiedenartig, je nach seiner Struktur. Sind sie feinkörnig, dann brechen sie in mehr oder minder ebenen Flächen und lassen sich im bruchfeuchten Zustande besonders nach den latenten Schichtflächen (auch Garen) gut spalten und auch gut bearbeiten. Kalke, die aus einem feinen Schlamm entstanden sind, also dichtes Gefüge haben, verhalten sich ähnlich; der ebene Bruch erscheint dann eher etwas erdig. Häuft sich die Tonsubstanz, so nimmt oft die Festigkeit ab, und der Bruch wird deutlich erdig; dann ist die Verwendung als Baustein nicht mehr zweckmäßig. Endlich gibt es in weiter Verbreitung dichte Kalksteine, die splittrigen bis muscheligen Bruch besitzen; sie lassen sich sehr schwer bearbeiten.

Das spezifische Gewicht des Kalkspates beträgt 2,6 bis 2,8. Das Gewicht des Kalksteines schwankt nach seiner Dichtigkeit und in Abhängigkeit von Beimischungen von 1,5 etwa bis 3,0. Dichte und körnige Kalke können sehr hart sein und hohe Druckfestigkeit aufweisen, die 1800 kg/qcm übersteigen, während sie bei mehr mergeligen oder erdigen Steinen unter 100 kg/qcm sinken kann. Dichte und feinkörnige Kalksteine, die nur geringe Porosität besitzen, sind sehr wetterbeständig; durch Politur kann man diese Eigenschaft noch etwas erhöhen. Selbst Säuren, die in der Luft enthalten sein können, greifen dann nur wenig an, weil sie mangels der Poren nicht ins Innere eindringen können. Auf der Oberfläche bildet sich an rauh bearbeitetem Gestein wohl ein dünner Verwitterungsüberzug, der wie eine Schutzrinde wirken kann.

Man unterscheidet bei Kalksteinen eine Menge von Arten. Ein Teil der Namen bezieht sich auf das geologische Alter und die charakteristischen Versteinerungen. Diese Namen können hier nicht aufgezählt werden, denn sie stellen für die bauliche Verwendung keine verschieden gearteten Gesteine dar; man kann sich darüber in jedem Lehrbuch der Geologie unterrichten. Nur ein Irrtum sei hervorgehoben, dem man oft begegnet: Muschelkalk ist nicht jeder Kalk, der Muscheln enthält, sondern es ist der Name einer geologischen Formation, in der nach ihrer Struktur und Zusammensetzung sehr verschiedene Kalksteine auftreten, auch gelegentlich ohne Muscheln, und es ist dann doch Muschelkalk.

Dagegen unterscheidet man nach der Struktur und nach den Beimengungen oder „Verunreinigungen“ Arten der Kalksteine, die vom technischen Gesichtspunkte aus verschieden zu beurteilen sind.

Der dichte Kalkstein zeigt dem bloßen Auge ein gleichmäßiges Gefüge, meist von mattem Aussehen. Die wesentlichsten Eigenschaften sind im vorhergehenden besprochen.

Der körnige Kalkstein lässt Körner oder Kristalle von Kalkspat erkennen, die durch die Spaltflächen nach dem Rhomboeder auf dem Bruch noch deutlicher werden. Solche Kalke werden vielfach fälschlich mit dem Namen Marmor belegt: roter, bunter Marmor u. s. w.

Oolithischer Kalk (nach dem griechischen Wort ὄον, das Ei, benannt) besteht aus meist kleinen, eiförmigen oder kugeligen Gebilden, etwa von Hirsekorngröße. Sie setzen das Gestein entweder vorwiegend zusammen und werden durch dichte Kalkmasse als Bindemittel zusammengehalten, oder sie sind mehr oder minder zahlreich und regellos in der dichten Gesteinsmasse verteilt. Sind die Körnchen größer, dann spricht man von Rogensteinen. Unter dem Mikroskope erkennt man zuweilen noch radialstrahlige oder konzentrisch-schalige Struktur der Körnchen, die bei den aus Aragonit bestehenden Erbsensteinen von Karlsbad besonders deutlich ist. Durch zirkulierende Gewässer können in einem späteren Stadium die Oolithe ganz oder zum Teil gelöst worden sein; es sind dann mehr oder minder poröse Kalksteine entstanden, die man Schaumkalk nennt. Sie sind besonders in der Muschelkalkformation verbreitet und liefern, wenn die Bänke genügend mächtig sind, ein vortreffliches Baumaterial. Zellenkalke enthalten größere Hohlräume; auch sie sind wohl durch Fortführung löslicher Gesteinsmasse entstanden. Baulich finden sie nur selten Verwendung.

Kalktuff, Tuffstein, Travertin sind stark poröse, meist ziemlich lockere Gesteine, bei deren Entstehung Pflanzen mitgewirkt haben, die den harten, aus den Kalkgebirgen kommenden Gewässern Kohlensäure entzogen. Sie bilden manchmal mächtige Ablagerungen, in der Regel über tonigem oder mergeligen, wasserundurchlässigen Untergrund. Man nennt sie oft auch Wiesenkalke. Trotz der Weichheit im anstehenden, durchfeuchteten Zustande eignet sich das Material häufig sehr gut für Bauzwecke. Es wird ausgestochen, gut getrocknet und gibt dann einen leichten Mauerstein, der aber doch reichlich fest ist und ein poröses, trockenes Mauerwerk ergibt.

Kreide ist ein erdiger Kalkstein, der sehr reich an Versteinerungen ist. Unter dem Mikroskop sieht man eine Unmenge von winzigen Foraminiferenschälchen<sup>4)</sup>, die einen wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung haben. Die Kreide wird geschlämmt und dann von Tüchern und Weißbindern verwendet. Als Schreibkreide kommt sie kaum mehr in Anwendung, dazu dient porös angemachter Gips.

Sandiger Kalkstein enthält Quarzsplitter und -körnchen; er leitet zum Kalksandstein (s. o.) über.

Kieseliger Kalkstein ist ein Kalk, der nachträglich, vermutlich von heißen, kieselsäurehaltigen Gewässern durchdrungen wurde, wobei ein Teil des Kalkes oder auch die ganze Masse durch Kieselsäure ersetzt wurde. Das sind außerordentlich feste, aber nicht sehr verbreitete Gesteine, die wohl in der Hauptsache für Straßenbeschotterung abgebaut werden.

Tonhaltige Kalksteine leiten zu den oben bereits behandelten mergeligen Kalksteinen über. Kalke mit einem geringen Tongehalt sind sehr verbreitet und spielen technisch eine wesentliche Rolle, allerdings nicht als Bausteine, sondern zur Herstellung von hydraulischem Kalk oder Wassermörtel, der unter bestimmten Temperaturen gebrannt, die Eigenschaft der Erhärtung unter Wasser besitzt. Zu diesen Gesteinen gehören die sogenannten Schwarzkalke, die besonders in der Liasformation vorkommen.

Die Lagerung der Kalksteine ist in den Formationen meist eine wohlgeschichtete, bald in dünneren Platten mit weicherem, mergeligen Zwischenmittel, bald aber in mächtigen Bänken; in letzterem Falle sind sie für den Abbau und zur Herstellung von Bausteinen besonders geeignet. Es gibt aber auch massige Kalksteine, in denen

<sup>4)</sup> Die Foraminiferenschälchen werden häufig unter dem Mikroskop erst sichtbar, nachdem man die Kreidemasse ausgeschlämmt und den zurückbleibenden „Sand“ in Kanadabalsam eingebettet hat.

man keine Schichtung bemerkt; dazu gehören besonders die Algenkalke und die Riffkalke, letztere in erster Linie durch Korallen als Korallenkalke entstanden, seltener als Schwammkalke. Auch Bryozoen können felsbildend auftreten, so die allerdings mehr oder minder dolomitisierten, porösen Bryozoenkalke Thüringens. Korallenkalke (z. B. von Tournay, Visé u. s. w.) sind für bauliche Verwendung ausgezeichnete Materialien; sie sind in der Struktur durch Ausfüllung aller Hohlräume ebenfalls mit Kalk ganz dicht geworden, polieren sich vortrefflich und besitzen ein sehr schönes Aussehen bei mancherlei Farben.

Eisenschüssige Kalke kommen häufig vor, sind aber bei Anreicherung des Erzes für Bauzwecke nicht geeignet.

### **Marmor.**

Den Marmor kann man wohl als das edelste Baumaterial bezeichnen. Der Name ist ursprünglich auf weißen, körnigen Kalkstein, der keine deutliche Schichtung besitzt, beschränkt gewesen. Wir wollen diesen als Marmor im engeren Sinne oder als echten Marmor bezeichnen. Auf ihn bezieht sich die folgende spezielle Beschreibung.

In der Technik hat man den Namen allmählich auch auf andere körnige Kalksteine ausgedehnt, und selbst dichte bezeichnet man damit, wenn sie Politur annehmen. Der Ingenieur und Architekt sollte das vermeiden und in solchen Fällen nur von politurfähigen, körnigen oder dichten Kalksteinen sprechen.

Der Marmor erscheint schon dem bloßen Auge deutlich körnig. Unter dem Mikroskop im Dünnschliff sieht man, dass er aus verschiedenen großen Kalkspatkörnern besteht, die sich dicht aneinanderschließen, sodass Poren nicht freibleiben. Er enthält meist nur Nebengemengteile in geringer Menge; es kommen vor: Erze, Granat, Graphit, Quarzkörner, Glimmer, seltener auch noch andere Minerale. Manche Marmorlager, z. B. das von Auerbach an der Bergstraße, sind in der Mineralogie durch das Auftreten seltener und oft schön ausgebildeter Minerale berühmt. Manche Marmore sind von serpentinosen Massen durchsetzt und dann grünlich gefärbt. Das Vorkommen von Schwefelkies, Eisen- und Manganverbindungen kann insofern störend wirken, als unter dem Einfluss der Atmosphärien Zersetzung eintritt und dann unschöne Flecken auftreten.

Bezüglich der schönen, weißen Farbe des echten Marmors schreibt Rinne (Praktische Gesteinskunde), „dass sie darauf beruht, dass das Licht bis zu einer bestimmten Tiefe in ihn eindringt und an den Spaltrissen und Zwillingslamellen des Kalkspats reflektiert wird, sodass die Oberfläche des geschliffenen Marmors förmlich im Lichte, das aus ihm herauskommt, strahlt“. Bester parischer Marmor lässt nach Lepsius Licht durch 35 mm dicke Platten deutlich hindurch, carrarischer durch 25 und pentelischer durch 15 mm starke Lagen.

Der weiße, körnige Kalkstein, also Marmor im engeren Sinne, kann sehr verschiedenes geologisches Alter besitzen; er ist aus archaischen Schiefergesteinen, wie aus jüngeren Formationen (z. B. Trias, Jura, auch Kreide) bekannt. Er ist wohl immer ein metamorphes Gestein; die einen suchen die Ursache für die Umwandlung im Gebirgsdruck (Regionalmetamorphose), die andern in der Kontaktmetamorphose, wobei Hitze, Wasserdampf, Kohlensäure und auch noch Druck eingewirkt haben. Die fortschreitende, wissenschaftliche Forschung wird vielleicht lehren, dass die Kontaktmetamorphose die wesentlichste Veranlassung zur Bildung der echten Marmore war.

### Dolomit.

Das Mineral Dolomit besteht aus  $\text{Ca Mg C}_2\text{O}_6 = \text{Ca CO}_3 \cdot \text{Mg CO}_3$ . Das Gestein Dolomit ist eigentlich dolomitischer Kalkstein, wobei der Kalk mehr oder minder im Übergewicht ist. Bei der Prüfung mit Säure erkennt man dolomitische Gesteine daran, dass sie mit kalter verdünnter Salzsäure nur wenig und dann erst nach einiger Zeit Kohlensäurebläschen entwickeln; mit konzentrierter Säure überzieht sich die Oberfläche des Gesteins mit Bläschen, die langsam abziehen; erst mit erwärmter, auch verdünnter Salzsäure brausen sie auf, ähnlich wie Kalk. Ist das Gestein pulverisiert, so löst es sich etwas leichter. Das Mineral hat die Härte 3,5 bis 4,5, also ist auch das Gestein etwas härter als Kalk; ebenso beträgt das spezifische Gewicht 2,85 bis 2,95, ist also etwas schwerer als Kalk. Die körnigen Dolomite erscheinen gewöhnlich schon dem bloßen Auge körnig und besitzen einen geringen, eigenen, seideartigen Glanz, den man bei reinen Kalken nicht bemerkt. Eine Art zuckerkörniger Struktur, meist ziemlich stark porös, ist bei ihnen häufig. Körniger Dolomit kommt in verschiedenen Farben vor, doch sind am verbreitetsten hellbräunliche oder gelbe, auch gelblichgraue Farben.

Besonders zu erwähnen sind die Dolomitmarmore, wie sie z. B. von Kunzendorf und Rothenzachau in Schlesien bekannt sind. Das sind rein weiße oder grünlich, auch rötlich gebänderte oder geaderte Gesteine, gut wetterbeständig und für Bildhauer und monumentale Arbeiten sehr gesucht. Unter Rauchwacke versteht man ein stark poröses, zelliges oder löcheriges Gestein von meist geringer Festigkeit. Es gibt auch dichte Dolomite, die für Bauzwecke kaum in Betracht kommen; sie werden, wie der in der oberen Zechsteinformation vorkommende Plattendolomit — nach seiner Absonderung so genannt — mancherorts zum Kalkbrennen verwendet.

Dolomite sind wohl zum Teil gleich als solche aus dem Wasser abgesetzt worden, bei vielen muss man jedoch eine sekundäre Entstehung annehmen, indem entweder Kalk durch die zirkulierenden Gewässer entfernt und dadurch das Magnesiumkarbonat angereichert, oder indem letzteres hinzugefügt wurde. Es sei besonders erwähnt, dass manche Kalksteine in der Nähe von Verwerfungsspalten oder Transgressionsflächen dolomitisiert sind, wobei der Magnesiumgehalt mit der Entfernung von der Spalte abnimmt.

Dolomitische Kalksteine sind in Deutschland, abgesehen von häufigen, lokalen Vorkommnissen in den verschiedensten Formationen von geringer Ausdehnung, in der Zechsteinformation sehr verbreitet. Sie finden als Bausteine aller Art, auch für feinere Bearbeitung, sehr gern Verwendung. Die Druckfestigkeit guten Materials steigt von 1000 auf über 1200 kg/qcm. Ist der Dolomitgehalt nicht zu hoch, dann kann das Gestein auch zum Kalkbrennen verwendet werden, anderenfalls neigt solcher zum Treiben. Das ist besonders beim Zement gefährlich. Rudolf Dyckerhoff hat nachgewiesen, dass bei gutem Zement 5% Magnesiumkarbonat die äußerste Grenze ist.

**§ 11. Die kristallinen Schiefergesteine.** Die kristallinen Schiefergesteine spielen im Bauwesen keine große Rolle, sie können darum in diesem Buche nur kurze Behandlung finden.

Die Gruppe der kristallinen Schiefer ist ihrer Entstehung nach keine einheitliche. Es sind in ihr von altersher Gesteine untergebracht worden, die sich durch schiefrige Struktur, also durch eine Parallelanordnung gewisser blätterig oder tafelig ausgebildeten Minerale, hauptsächlich von Glimmer, auszeichnen. Man sah darin Andeutung von Schichtung und hielt solche mit dem Charakter eines Eruptivgesteins nicht für vereinbar. Mit dem

Fortschritt der geologisch-petrographischen Forschung ist aber erkannt worden, dass ein großer Teil solcher Gesteine mit Parallelstruktur trotzdem echte Eruptivgesteine sind. Das trifft namentlich für viele zu den Gneisen gestellte Gesteinsmassen zu, bei denen der Zusammenhang und unmerkliche Übergang in typische Granite sicher festgestellt ist. Die Parallelstruktur erklärt sich durch fluidale Anordnung der tafeligen oder gestreckten Gemengteile oder durch Druckwirkungen auf das erstarrende Gestein, wobei eben diese Minerale sich senkrecht zur Druckrichtung einstellten. Wir haben Gesteine dieser Art, soweit sie als Bausteine in Betracht kommen, bereits bei den Eruptivgesteinen besprochen und ihre Eigentümlichkeiten hervorgehoben.

Andrerseits ist festgestellt, dass gewisse kristalline Schiefergesteine, wie Gneise, Glimmerschiefer ursprünglich echte Sedimentgesteine gewesen sind, die Gerölle und sogar noch Versteinerungen enthalten. Sie haben also nachträglich eine Umwandlung erfahren, die man auf den Gebirgsdruck (Dynamometamorphose) zurückgeführt hat, die aber nach neueren Anschauungen der Kontaktwirkung der Eruptivmassen auf das Nebengestein zugeschrieben wird (Kontaktmetamorphose). Auch Durchdringung gewissermaßen aufgeblätterter Sedimentgesteine mit empordringendem Eruptivgesteinsmaterial und entsprechende Umwandlung ist bekannt. Endlich nimmt man zur Erklärung nachträglich entstandener Parallelstruktur auch den Druck in Anspruch, der durch die Überlagerung durch jüngeres Gestein entstanden ist; er wurde in seiner Einwirkung unterstützt durch Lösungs- und Umkristallisationsvorgänge, die durch die Zirkulation überhitzten Wassers und Wasserdampfes bewirkt worden sind (Regionalmetamorphose).

Die kristallinen Schiefer zeichnen sich häufig durch starken Erzreichtum aus.

Die scharfe Scheidung und Aufteilung all dieser Gesteine wird durch die wissenschaftliche Forschung angestrebt, sie lässt sich aber zur Zeit noch nicht streng durchführen, und darum ist es zweckmäßig, in den Lehrbüchern der Gesteinskunde die Gruppe vorläufig noch beizubehalten.

Die Gesteine besitzen also zumeist eine sehr stark entwickelte schiefrige Struktur, sie sind infolgedessen reich an Ablösungsflächen. Es ist bei vielen nicht möglich, größere, feste Blöcke und Werkstücke zu gewinnen, die vor allem auch wetterbeständig sind. Sie kommen darum als Werksteine seltener vor. Die meiste Verwendung finden sie zur Beschotterung, namentlich von Eisenbahnstrecken. Zur Straßenbeschotterung empfehlen sie sich im allgemeinen nicht, weil sie sich leicht zersetzen und leicht zermalmt werden.

### Gneis.

Die Gneise enthalten im wesentlichen dieselben Haupt- und Nebengemengteile wie die Granite. Es sind körnige Gesteine mit Feldspat, Quarz und Glimmer mit ausgesprochener schiefriger Struktur. Unter den Nebengemengteilen häufen sich, oft schon dem bloßen Auge deutlich erkennbar, an: Cordierit (Cordieritgneis), Granat, Chlorit, Turmalin, Zirkon, Graphit, Apatit, Erz. Der Glimmer wird in manchen durch Hornblende (Hornblendegneis), auch durch Augit (Augitgneis) ersetzt; in den letztgenannten Fällen tritt oft der Quarz zurück.

Das spezifische Gewicht ist ähnlich wie bei Graniten. Die Druckfestigkeit wechselt sehr stark; ihre Höhe ist abhängig von dem Grade, in dem die schiefrige Struktur entwickelt ist.

Zuweilen kann man große Platten gewinnen, die sich zu Fußweg- und Bodenbelag eignen, oft aber nicht sehr eben sind.

### **Glimmerschiefer.**

Die wesentlichen Gemengteile dieses Gesteins sind Glimmer und Quarz, die in großen, dem bloßen Auge erkennbaren Körnern, Blättchen u. s. w. bei ausgezeichneter schiefriger Anordnung entwickelt sind. Als Nebengemengteile kommen vor und häufen sich manchmal beträchtlich an: Granat, Hornblende, Turmalin, ferner Andalusit, Cyanit, Staurolith, auch Epidot und Graphit, Eisenerz.

Das spezifische Gewicht beträgt im Mittel 2,7. Die Druckfestigkeit schwankt wie beim Gneis. Auch vom Glimmerschiefer können zuweilen größere Platten gewonnen werden, die, wenn sie dünn sind, auch zum Dachdecken geeignet sind.

### **Chloritschiefer, Talkschiefer.**

Die Gesteine enthalten, wie der Name sagt, vorwiegend Chlorit oder Talk; manchmal kommen auch beide zusammen vor. Daneben erscheinen Hornblende, die sich im Strahlstein anhäuft, Magnet Eisen, Epidot, auch Kalkspat und Dolomit.

Technisch von Wichtigkeit ist der Talkschiefer. Er ist zwar sehr weich, aber hitze- und säurebeständig und findet darum in der chemischen Industrie Verwendung. Häuft sich der Talk an, dann wird das Gestein zum Talkfels, zu dem der Speckstein gehört, der ebenfalls in der chemischen, Beleuchtungs-Industrie und Elektrotechnik vielfach verwendet wird.

### **Phyllit.**

Die Phyllite oder Urtonschiefer sind meist feinkörnige oder sehr feinkörnige Gesteine, die einen eigenartigen, fettigen Glanz aufweisen und sich dadurch von den Tonschiefern unterscheiden. Mit bloßem Auge erkennt man nur die glänzenden Glimmer- oder Serizitblättchen und Quarz. Unter dem Mikroskope finden sich gelegentlich auch noch andere Mineralien, wie Granat, Staurolith, Feldspäte, Rutil, Graphit, Magnet Eisen, Schwefelkies u. a. Die Farben wechseln von grau bis grünlich, rot, bläulichschwarz oder schwarzgrau. Die Struktur ist ausgesprochen schiefrig, vielfach gefaltet und manchmal bis ins feinste gefältelt.

Die Phyllite sind metamorphe Gesteine, die aus Tonschiefern und tonigen Sandsteinen, und, wenn sie Kalk enthalten, aus Mergeln entstanden sein mögen. Bei anderen weist die Zusammensetzung auf eruptive Herkunft hin.

Phyllite werden wohl nur gelegentlich verwandt und dann nur als geringwertiger Schotter.

Die Serizitschiefer des Taunus und Harzes von graulichweißer oder gelblicher bis grünlicher Farbe, mit starkem, fettigen Glanz, der durch den Serizit benannten Glimmer erzeugt wird, sind zum Phyllit zu stellen.

### **Die Kontaktgesteine.**

Im Anschluss an die kristallinen Schiefer wollen wir die Kontaktgesteine, wie sie namentlich an den Rändern großer Eruptivmassen vorkommen, nochmals kurz erwähnen. Auf manche ist oben bei Beschreibung der Eruptivgesteine bereits hingewiesen worden.

Die aus der Tiefe emporkommenden, glutflüssigen Gesteinsmassen haben in manchen Fällen nur sehr geringe Einwirkung auf das Nebengestein ausgeübt. Bei Eruptivgängen und kleineren Decken bemerkt man mitunter kaum eine Änderung an dem durch-

drungenen oder überlagerten Gestein. In anderen Fällen kommen dagegen Frittung, Verkieselung, bei Sandsteinen eine Art säulenförmiger Absonderung, bei Kohlen Verkokung vor; zuweilen bemerkt man, besonders bei quarzreichen Gesteinen, auch Anschmelzen und Bildung von Glasmasse. In geringer Entfernung von dem Gang oder der Decke sind diese Erscheinungen am Nebengestein meist schon verschwunden.

Anders ist es aber bei den umgebenden Gesteinen von mächtigen Intrusivmassen, die Hohlräume in der Tiefe der Erdrinde ausfüllten oder sich zwischen schiefrige oder geschichtete jüngere Gesteine einpressten. Da ist häufig sehr beträchtliche Umwandlung des Nebengesteins erfolgt, die sich nicht selten mehrere Kilometer weit von den Berührungsflächen aus verfolgen lässt.

Die Nebengesteine können dadurch von ihrer ursprünglichen eine gänzlich abweichende Beschaffenheit erhalten haben. Die Umänderung fand nicht allein unter dem Einfluss der Hitze statt, sondern es wirkten vor allem überhitzter Wasserdampf, Kohlensäure und andere Dämpfe, z. B. von Fluor und Borsäure, die man alle zusammen als Mineralbildner bezeichnet, mit; auch Druckwirkungen können beteiligt gewesen sein. Die stärkste Einwirkung erfolgte naturgemäß auf die Gesteine in der nächsten Nähe des Kontaktes. Da kann eine vollständige Umkristallisation eingetreten sein, wobei gewisse Minerale, die man als Kontaktminerale bezeichnet, neu gebildet worden sind. Es entstanden außerordentlich harte, dichte und feste, rein kristalline Gesteine, die man als Hornfelse oder Kalksilikathornfelse bezeichnet; reine Kalksteine wurden zu körnigen Kalken, d. h. Marmor. Mit der Entfernung vom Kontakt nimmt der Grad der Kristallinität der umgewandelten Gesteine allmählich ab. Die Erscheinungen sind am besten bei Tonschiefern untersucht. Da beobachtet man nach den Hornfelsen glänzende Phyllite, weiter ebenfalls glänzende Knotenglimmerschiefer und Knotenschiefer, die unter Abnahme des Glanzes mit der größeren Entfernung in Fleckschiefer übergehen. Man nennt die Gesamtheit der umgeänderten Gesteinsmassen um den Eruptivgesteinsstock den Kontakthof.

Solche Kontaktgesteine finden mancherorts technische Verwendung, meistens als Kleinschlag zur Beschotterung von Straßen oder auch für Eisenbahnen. Namentlich die Hornfelse bewähren sich wegen ihrer Härte und Widerstandsfähigkeit vortrefflich. Sie haben splittrigen bis muscheligen Bruch, sind dicht und besitzen hohe Druckfestigkeit. Zu Pflastersteinen sind sie nur selten verwendbar, weil sie häufig stark klüftig sind und meist nicht regelmäßig spalten.

### III. Die technische Untersuchung der Gesteine.

§ 12. **Technisch wichtige Eigenschaften der Gesteine.** In der vorausgehenden Darstellung der Gesteinskunde sind sowohl im allgemeinen, wie im beschreibenden Teile nach der petrographischen Zusammensetzung und dem geologischen Auftreten, nach Lagerung, Absonderung u. s. w. wichtige Eigenschaften, die bei der baulichen Verwendung und Gewinnung der Gesteine zu beachten sind, überall besonders hervorgehoben und beschrieben worden. Diese Einzelheiten sollen hier nicht nochmals wiederholt werden. Danach würde in diesem Abschnitt hauptsächlich die technische Prüfung der natürlichen Bausteine zu behandeln sein. Allein darüber befindet sich im Handbuch der Ingenieurwissenschaften eine besondere Abhandlung unter dem Abschnitt über die Materialprüfung in Vorbereitung, auf die ich verweisen muss. Es sollen darum im folgenden nur noch zusammenfassend einige Hinweise auf die petrographisch wich-



tigen Eigenschaften gegeben werden, die für die Beurteilung eines Gesteins bei der baulichen Verwendung und bei der Beurteilung der mechanischen Prüfungsergebnisse zu berücksichtigen sind.

Bezüglich der technischen Prüfung der Bausteine sei hier allgemein folgendes bemerkt. Sie findet nach internationalen Vereinbarungen des Verbandes für die Materialprüfungen der Technik statt und wird durch die mechanisch-technischen Prüfungsanstalten ausgeführt, die also alle nach im wesentlichen gleichen Methoden arbeiten, sodass die Werte mit gleichen Maßen bestimmt und untereinander gleichwertig sind. Solche Anstalten befinden sich in Deutschland in

- Berlin (Groß-Lichterfelde West): Königlich Preußisches Materialprüfungsamt;
- Darmstadt: Großherzogliche Materialprüfungsanstalt an der Techn. Hochschule;
- Dresden: Königlich Sächsische Mechanisch-Technische Versuchsanstalt;
- München: Mechanisch-Technisches Laboratorium der Königlichen Technischen Hochschule;
- Nürnberg: Materialprüfungsanstalt der Bayrischen Landesgewerbe-Anstalt;
- Stuttgart: Materialprüfungsanstalt der Königlichen Technischen Hochschule.

Die wichtigsten Prüfungen, die im allgemeinen verlangt und ausgeführt werden, sind die folgenden:

- Bestimmung des spezifischen Gewichtes am pulverförmigen Material.
- „ des Raumgewichtes und Dichtigkeitsgrades am Steinkörper.
- „ des Härtegrades nach der Mohs'schen Skala.
- „ des Wasseraufnahmevermögens.
- „ der Druckfestigkeit im trockenen und wassersatten Zustande und nach erfolgter Frostwirkung.
- Bestimmung der Frostwirkung, wobei ein 15- bis 25 maliges wiederholtes Gefrieren und Auftauenlassen der wassersatten Gesteine zu erfolgen hat.
- Bestimmung der Feuerwirkung durch Glühen und darauffolgendes Abkühlen oder Abschrecken.
- Bestimmung der Biegezugfestigkeit, ferner auch der Zug-, Knick- und Scherfestigkeit. Die drei letztgenannten Prüfungen werden indessen selten verlangt und ausgeführt.
- Bestimmung der Abnutzbarkeit auf der Bauschinger'schen Scheibe an Würfeln von 7,1 cm Kantenlänge.
- Bestimmung der Zähigkeit durch Schlag- und Stoßversuche.

Alle diese Prüfungen werden nicht an einem Stück ausgeführt, sondern mehrere Male wiederholt; z. B. führt man bei Sandsteinen, Kalksteinen und ähnlichen Gesteinsarten die Versuche für jeden Zustand der Druckfestigkeit u. a. an 10 Würfeln aus, denen man 7 cm Kantenlänge gibt.

Auch bei harten Gesteinen, Granit, Porphyr, Melaphyr, Basalt, Porphyrit u. s. w. werden je 10 Würfel benötigt, die 4 oder 5 cm Kantenlänge besitzen und auf den Druckflächen geschliffen sein müssen.

Die Würfel oder Probekörper können fertig und zwar sauber bearbeitet eingesandt werden, besser aber ist es, wenn das Rohmaterial in großen Stücken zur Verfügung gestellt wird, sodass das betreffende Prüfungsamt sich die Probekörper selbst nach Bedarf herstellen kann.

Die Herkunft der Steine muss ortspolizeilich beglaubigt sein.

Es sollte nie unterlassen werden, wenn eine Prüfung nach den technischen Eigenschaften durch ein Prüfungsamt vorgenommen wird, gleichzeitig auch die petrographische Beschaffenheit des Gesteins und sein geologisches Auftreten ermitteln zu lassen. Der petrographische Charakter der meisten Gesteine kann mit Sicherheit erst bei der Untersuchung im Dünnschliff festgestellt werden. Es liegt im Interesse des Bauausführenden so gut wie in dem des Steinbruchbesitzers, dass das zu verwendende Gestein nach seiner Zusammensetzung und seinen sonstigen Eigenschaften richtig erkannt und benannt wird. Förster bemerkt sehr richtig, dass zum Teil auf ungenaue Bezeichnungen die bis zu 400% und noch mehr betragenden Verschiedenheiten bei der Nebeneinanderstellung der Prüfungsergebnisse angeblich derselben Gesteinsart zurückzuführen sind. Es ist oben schon ausgeführt worden, dass die Erklärung für geringere oder bessere Resultate bei der technischen Prüfung nur aus den petrographischen Verhältnissen erhalten werden kann.

Das technische Prüfungsergebnis wird in den Zeugnissen in der Regel für den Mittelwert aus einer Anzahl von Versuchen ausgestellt. Das ist an sich sehr richtig. Es kommt nun aber darauf an, woher die Probestücke entnommen sind. Ist richtig verfahren worden, so nämlich, dass diese nicht einer Bank oder Lage, sondern verschiedenen Stellen des Bruches entnommen wurden, so muss der Besitzer zu seiner eigenen Orientierung die Einzelwerte genauer untersuchen, denn die möglicherweise erheblich voneinander abweichenden Werte können auf Verschiedenheiten des Gesteins hinweisen, die vielfach allerdings erst der Geologe genauer bestimmen kann, die aber für die technische Verwendung von wesentlichem Einfluss sein können. In Melaphyr- und Basaltbrüchen lagern z. B. sehr oft mehrere Ströme oder Ergüsse von verschiedener Beschaffenheit übereinander, deren Vorhandensein nur der sachverständige Beobachter bemerkt, während der Unkundige die Trennungsfläche vielleicht für bankförmige Absonderung oder anderes hält. Aufmerksame Steinbrecher beurteilen in solchen Fällen die Verhältnisse nicht selten richtig. Sie beobachten und bilden sich ein Urteil nach der Wirkung des Schusses, nach der Spaltbarkeit, nach dem Klang des Hammers und Gesteins beim Aufschlagen u. s. w. Ihre Schlüsse auf die „Güte“ des Materials stimmen häufig mit dem petrographischen Befund überein. Einen besonderen Fall bilden die oben näher beschriebenen Sonnenbrenner bei Basalten; da ist die aufmerksame Untersuchung des Bruches unentbehrlich, wenn man sich vor Schaden schützen will.

Verwitterungsvorgänge üben auf die technischen Eigenschaften den wesentlichsten Einfluss aus. Je nach dem Stadium der Frische, in dem sich die einzelnen Gemengteile befinden, werden besonders die Druckfestigkeit und der Grad der Abnutzung, aber auch die Wetterbeständigkeit verschieden sein, denn häufig nehmen mit fortschreitender Umwandlung der Grad der Wasseraufnahmefähigkeit und damit die schädlichen Einflüsse der Frosteinwirkung zu. Auch bei Sandsteinen und anderen klastischen Gesteinen kann die petrographische Untersuchung technisch wichtige Verhältnisse aufhellen. Da spielen besonders Art und Verteilung des Bindemittels und seine Erweichungs- oder Lösungsfähigkeit eine wichtige Rolle. Es muss ausdrücklich hervorgehoben werden, dass bei der technischen Untersuchung die Sicherheit vor

künftiger Zerstörung noch längst nicht einwandfrei ermittelt ist, wenn die praktischen Prüfungen auf Druckfestigkeit und Wetterbeständigkeit ein angeblich befriedigendes Resultat ergeben haben. Die Erfahrungen vom Kölner Dom, vom Dresdener Zwinger und von vielen anderen Gebäuden sind außerordentlich lehrreich. Die technische Untersuchung allein kann die in Betracht kommenden Gesichtspunkte nicht aufhellen; sie muss in Verbindung mit der petrographischen, geologischen und chemischen Wissenschaft forschen. Sie muss das um so mehr tun, als ja die durch die technische Prüfung ermittelten Werte gewissermaßen immer eine Funktion der petrographischen Beschaffenheit sein müssen, also von ihr abhängig sind. Ich bin überzeugt, dass man durch technische und petrographische Forschung auch der Frage der Steinerhaltungsmittel, die ja namentlich bei Sandsteinen so wichtig ist, näher kommen wird. Das wäre ein großer Fortschritt, denn der Sandstein ist und bleibt eines der edelsten Baumaterialien, auch wenn ihn vorübergehend die Mode zurückdrängt. Die Zunahme von Stoffen, die die Luft verunreinigen, besonders von Säuren, muss sich mit dem Anwachsen der Städte und der Industrie immer mehr fühlbar machen. Sie wirken auf poröse Kalksteine und Sandsteine mit kalkigem Bindemittel am stärksten ein und zerstören mit der Zeit feine Ornamente. Die Sandkörnchen werden gelockert, das Bindemittel wird verzehrt oder in eine andere Form übergeführt, die löslich sein kann, und dann fallen Körner und größere Teilchen unter der Einwirkung von Wind und Wetter ab, oder es bilden sich äußerlich durch Umsetzungsvorgänge Rinden, sogenannte Schutzrinden, die aber ebenfalls mit der Zeit abfallen. Die bisher vorgeschlagenen und angewendeten Steinerhaltungsmittel erfüllen ihren Zweck noch nicht in der erwünschten Weise; es muss vor allem danach gestrebt werden, Mittel zu finden, die das äußere Aussehen des Gesteins, auch seine Farbe nicht verändern.

Die Verwitterungsvorgänge an den Gesteinen, namentlich an den Eruptivgesteinen, können in ihren Anfangsstadien nur durch Untersuchung des Bruches und anschließende, mikroskopische Betrachtung von Gesteinsproben im Dünnschliff ermittelt werden. Es ist gar nicht selten, dass mehr oder minder durch Verwitterung angegriffene Gesteine dem bloßen Auge als frisch erscheinen. Die Druckfestigkeitszahlen werden in den meisten Fällen je nach der Frische verschieden sein. Sind bei an Feldspat reichen Gesteinen diese etwas stärker angegriffen, so sinkt der Wert gleich beträchtlich. Das ist namentlich bei Graniten bemerkbar, und gerade auf solches Material stützt sich die irrige Meinung, dass die deutschen Granite minderwertig seien. Diesen Irrtum habe ich schon wiederholt hervorgehoben. Dadurch, dass in Deutschland die Mittelgebirge in verschiedenen Formationen Störungen durch gebirgsbildende Kräfte erlitten haben, sind sie an manchen Stellen reichlich von Verwerfungen durchsetzt. In der Nähe solcher ist das Gebirge oft verändert, weil auf den begleitenden Rissen und Spalten Wasser zirkuliert, das dann seitlich einwirkt und Umsetzungsvorgänge einleitet. In ungestörten Gebirgsblöcken ist aber auch bei uns das Gestein frisch und genau von derselben Güte, mit genau den gleichen vorteilhaften Eigenschaften wie das ausländische Material. Nur derart gleichwertiges darf man vergleichen, und bei der Verwendung, insbesondere bei Submissionen, müssen im Angebot die Sorten nach Güte und Preis unterschieden werden, wobei im Steinbruch beim Sortieren einige Aufmerksamkeit walten muss. Feldspatgesteine von etwas geringerer Druckfestigkeit, die aber immer noch etwa 500 bis 600 kg/qcm überschreitet, bewähren sich technisch für viele Zwecke auch noch, nur müssen sie entsprechend, z. B. im Straßenbau, an weniger belasteten Stellen eingebaut werden.

Bei der Beurteilung der Güte der Gesteine, besonders für die Verwendung im Straßenbau, bemerkt man in der Praxis sehr häufig eine Überschätzung der Werte für die Druckfestigkeit, die geradezu an Übertreibung grenzt. Es ist sicher interessant, wenn man feststellen kann, dass in gewissen Lagen oder Schichten oder auch in gewissen Zonen von eruptiven Gesteinsmassen u. s. w. besonders druckfeste Gesteine vorkommen. Bei sedimentären Gesteinen schwanken die Zahlen im allgemeinen bei der gleichen Gesteinsart innerhalb geringerer Grenzen, je nach der Dichtigkeit und der Härte der Gesteinsmasse oder der Beschaffenheit des Bindemittels. Bei den Eruptivgesteinen findet man dagegen bei der gleichen Gesteinsart und bei gleich frischem Zustande manchmal selbst in demselben Bruche wesentliche Unterschiede. Sie erklären sich petrographisch aus der Anordnung und dem Verbande der Gemengteile, manchmal aber auch aus Vorgängen, die sich bei der Erstarrung der Masse abspielten. Hochkristalline und sehr grobkörnige Gesteine sind im allgemeinen weniger druckfest als feinkörnige und dichte; von letzteren kennt man überhaupt die höchsten Druckfestigkeitswerte. Wenn man nun untersuchen will, wie sich ein Gestein praktisch bewähren wird, so ist doch nicht allein die Druckfestigkeit das Maßgebende, denn es verhalten sich doch schon z. B. körnige Gesteine anders als dichte. Andererseits muss doch auch die wirkliche Inanspruchnahme und die wirklich mögliche Belastung berücksichtigt werden. Eine solche von 100 kg/qcm kommt in unseren Straßen kaum mehr vor; sie stellt jedenfalls den äußersten Wert dar. Rechnet man dann mit zehnfacher Sicherheit, so ist das gewiss reichlich und genügend. Unsere guten Gesteine, die als Pflastersteine verwendet werden, haben beinahe alle im Durchschnitt höhere Werte als 1000 kg/qcm für die Druckfestigkeit; ob diese dann über 3000 oder bei dichtem Material gar über 5000 kg/qcm steigt, ist praktisch ganz ohne Bedeutung.

Auch vor einer Überschätzung der Werte für das spezifische Gewicht muss gewarnt werden. In gewissen Fällen zeigt dieses, wenn es am Gesteinsstück bestimmt ist, große Dichtigkeit an; es ist aber doch vor allem abhängig von dem spezifischen Gewicht der Minerale, die das Gestein vorwiegend zusammensetzen, und von deren Gehalt an schweren Metallen, besonders an Eisen. Solche schweren Minerale sind aber durchaus nicht immer die widerstandsfähigsten Bestandteile; gerade sie können z. B. der Verwitterung leicht zugänglich sein. Als Beispiel für die Verschiedenheit in der Güte schwerer und leichter Gesteine führe ich die Basalte an. Die spezifisch schwereren, basischen Basalte sind keineswegs den etwas leichteren, an Kieselsäure reicheren vorzuziehen; gerade die letzteren sind die guten, die z. B. nie Sonnenbrand zeigen. Auch von Sandsteinen kann man als Beispiel anführen, dass sehr oft ein solcher mit quarzitischem Bindemittel, der spezifisch leicht ist, erheblich besser, d. h. fester und wetterbeständiger sein wird, als ein anderer, schwererer mit tonigem Bindemittel u. s. w.

Bei den Untersuchungen auf Druckfestigkeit und beim Bau ist darauf zu achten, wie die Schichtflächen des Gesteins oder die Parallelstruktur, die durch die Anordnung der tafelig ausgebildeten Gemengteile, namentlich der Glimmerblättchen, bedingt wird, gerichtet sind. Senkrecht zu den parallelen Lagen oder Schichten ist die Druckfestigkeit erheblich größer als parallel zu ihnen. Man beobachtet dann auch gelegentlich an älteren Bauwerken, wie besonders Sandsteine, die mit auf dem Kopfe stehenden Schichten eingebaut sind, lagenweise ausbrechen. Es ist ferner zu bemerken, dass im allgemeinen bei Sandsteinen die Druckfestigkeit mit der Zunahme der Korngröße abnimmt.

Auf Zug, Biegung und Scherung sollen natürliche Bausteine möglichst wenig in Anspruch genommen werden. Förster gibt an, dass die Zugfestigkeit etwa  $\frac{1}{26}$  bis  $\frac{1}{30}$ , die Biegungsfestigkeit  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{9}$  und die Scherfestigkeit  $\frac{1}{14}$  bis  $\frac{1}{16}$  der Druckfestigkeit im Mittelwert nach den Versuchen von Bauschinger und Krüger betrage.

Besondere Aufmerksamkeit ist in den letzten Jahren dem Studium der Methoden, die Wetterbeständigkeit eines Gesteins zu ermitteln, zugewendet worden. Ich verweise zum speziellen Studium auf das umfangreiche Werk von J. Hirschwald, Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit (Berlin 1908). Ferner haben auch Seipp und in neuerer Zeit namentlich E. Kaiser wichtige Versuche angestellt. Die Wetterbeständigkeit hängt sowohl von der Struktur, wie von der Zusammensetzung der Gesteine ab; es sind mechanische und chemische Vorgänge, die zerstörend einwirken.

Von Wichtigkeit ist die Bestimmung des Grades der Porosität, da von ihm die Luftdurchlässigkeit und damit die Wärmeleitung und ferner die Wasseraufnahmefähigkeit und damit die zerstörende Einwirkung des Frostes abhängen. Es ist besonders darauf zu achten, ob die Poren untereinander in Verbindung stehen oder nicht. Es gibt namentlich unter den jungvulkanischen blasige und schaumige Gesteine, die sich zum Hochbau bestens eignen, deren Poren oder blasige Hohlräume gegeneinander abgeschlossen sind, sodass eine Durchfeuchtung von der Außenfläche her nicht möglich ist; sie sind frost- und wetterbeständig, da auch eine chemische Einwirkung auf die meist glasreiche Gesteinsmasse bei den meisten nicht zu fürchten ist. Bei den Sandsteinen ist es anders, da sind die Hohlräume unter sich verbunden; je feiner nun die Poren sind, um so stärker wird die Kapillarkraft wirken, um so länger wird das Wasser auch festgehalten werden, der Stein also feucht bleiben. Man beobachtet darum bei gewissen Sandsteinen zerstörende Wirkung des Frostes häufig. Es ist ferner zu beobachten, dass Sandsteine in der Schichtfläche Wasser leichter durchlassen und aufsaugen, als senkrecht dazu. Das hängt von dem Wechsel in der Dichtigkeit des Bindemittels in den übereinander lagernden Schichten ab, auch von der Anordnung der Gemengteile, z. B. der Glimmerblättchen. Man darf also auch da, um das kapillare Aufsaugen von Wasser möglichst zu vermeiden, Sandsteine nicht mit auf dem Kopfe stehenden Schichten auf feuchten Boden einbauen. Viel kommt auf die Menge des Bindemittels an; an solchem arme Gesteine sind meist wenig widerstandsfähig. Selbst wenn es quarzitisch ist, findet man gelegentlich, dass im Laufe der Jahre der Sandstein in lockeren Sand zerfallen ist, wobei wohl lediglich der Frost die Zerstörung verursacht hat. Sind die Sandsteine kalkig oder dolomitisch, so ist Untersuchung über die Wetterbeständigkeit sehr anzuraten, namentlich wenn sie feine Ornamente erhalten sollen. Das Bindemittel unterliegt in diesen Fällen außer möglicher Einwirkung des Frostes auch der Auflösung in den Spuren von Kohlensäure haltenden atmosphärischen Niederschlagswässern, und ferner wirken, wie schon oben erwähnt worden ist, in Städten und Industriegebieten die durch die Schornsteine der Luft zugeführten Gase, hauptsächlich schweflige Säure, zerstörend ein. Treten Kalk oder Dolomit dagegen so reichlich als Bindemasse auf, dass die Poren ausgefüllt sind, so können dementsprechend die zerstörenden Einflüsse sich nur in geringerem Maße geltend machen.

Es ist ferner zu beachten, ob die zum Bau verwendeten Gesteine nicht etwa Minerale enthalten, die der Zersetzung besonders leicht zugänglich sind. Das können bei Sandsteinen und Eruptivgesteinen bereits angegriffene Feldspäte sein, in anderen Fällen lösliche Stoffe wie Gips und dann stärker eisenhaltige Minerale, besonders Eisen-

kies, der garstige, braune Flecken hervorrufen und Auswitterung veranlassen kann, so dass die Oberfläche löcherig wird. Indessen ist er keineswegs bei Bausteinen so sehr verbreitet.

Tonhaltige Gesteine unterliegen der Verwitterung mitunter sehr leicht, ebenso solche mit kalkig- oder dolomitisch-mergeligem Bindemittel. Daran scheint ebenfalls die Wasseraufnahmefähigkeit schuld zu sein. Die tonige oder mergelige Masse hält die Feuchtigkeit fest, und vielleicht veranlasst eine geringe Volumveränderung zwischen trockenem und feuchten Zustand nach öfterer Abwechslung das rasche Zerfallen, auch wenn Frost noch nicht eingewirkt hat. Manche derartigen Gesteine sind baulich nur dann verwendbar, wenn sie nach der Außenseite gut mit Mörtel bekleidet werden.

Unter Bruchfeuchtigkeit oder Bergfeuchtigkeit versteht man einen geringen Wassergehalt, den jedes Gestein besitzt, wenn es nach Entfernung der oberflächlichen, mehr oder minder verwitterten Lagen aus dem Anstehenden frisch gebrochen ist. Es ist bekannt — und die Arbeiter in den Steinbrüchen wissen das sehr wohl zu schätzen — dass sich die Gesteine bruchfeucht wesentlich leichter bearbeiten lassen, als nachdem sie ausgetrocknet sind. Das ist nicht nur bei Sand- und Kalksteinen, sondern ebenso gut bei Eruptivgesteinen: Graniten, Syeniten, Dioriten, Serpentin, Porphyren, Melaphyren, Basalten u. a. der Fall. Das Gestein spaltet bruchfeucht leichter nach latenten, auch mikroskopisch nicht nachweisbaren ebenen Flächen, die gewöhnlich parallel den Lager- oder Absonderungsflächen gerichtet sind. Schon wenn das Gestein in kleineren Blöcken im Hochsommer mehrere Tage der brennenden Sonne ausgesetzt war, verliert sich diese Spaltbarkeit teilweise oder ganz. Selbst der geübteste Arbeiter kann dann nicht mehr so viel und so gute Formstücke aus einem größeren Block herstellen, als wenn er das Gestein frisch von der Bruchstelle erhält. Im Hochbau dürfen Gesteine bruchfeucht nicht verwendet werden.

Die Härte der Gesteine ist technisch zu untersuchen, weil sie von Einfluss auf die Abnutzung ist. Sie wird in der Regel nach der Mohs'schen Härteskala angegeben, die in der Mineralogie und Petrographie für die Minerale allgemein im Gebrauch ist. Dabei ist zu bedenken, dass die wesentlichen Gemengteile eines Gesteins verschiedene Härte besitzen können.

Gleichzeitig mit der Härte muss aber auch die Sprödigkeit der gesteinsbildenden Minerale berücksichtigt werden, denn sie ist für die Bestimmung der Zähigkeit des Gesteins von ausschlaggebender Bedeutung. In neuerer Zeit wird großer Wert auf die Versuche über die Abnutzung und die Zähigkeit der Gesteine, besonders auf die Inanspruchnahme durch Stoß gelegt. Diese Bestimmungen haben zweifellos einen hohen praktischen Wert, der aber auch nur dann richtig beurteilt werden kann, wenn die petrographische Beschaffenheit des Gesteins dabei berücksichtigt wird. Betrachten wir als Beispiel den Granit. Er besteht aus Feldspat, Quarz und einem farbigen Gemengteil, meist Glimmer oder Hornblende. An Menge überwiegt in der Regel der Feldspat, der allein die Hälfte, gewöhnlich noch etwas mehr von der gesamten Gesteinsmasse ausmacht, während der farbige Gemengteil oft stark zurücktritt. Quarz wird durch die Verwitterung oder Zersetzung gar nicht angegriffen, es kommt also zur Beurteilung der „Güte“ des Gesteins hauptsächlich auf den Grad der Frische der Feldspäte an. Quarz besitzt nach Mohs die Härte 7, die Feldspäte und Hornblende die Härte 6 und Glimmer, dessen Menge aber kaum in Betracht kommt, die Härte 2. Bei dem Abnutzungsversuch mit der Bauschinger'schen Scheibe werden nun im allgemeinen die Granite sich als die besten erweisen, die einen hohen Quarzgehalt besitzen und das namentlich

dann, wenn die Quarzmassen und -körner zusammenhängen und ungefähr gleichmäßig in dem Gestein verteilt sind. Der härteste Gemengteil wird also beim Abschleifen auch den stärksten Widerstand entgegensetzen.

In der Straße ist das aber anders, da üben nicht allein schleifende Kräfte die zerstörende Wirkung aus, es kommt vielmehr die Beanspruchung durch den Stoß hinzu. Da ist es nun von Wichtigkeit, dass der harte Quarz ganz erheblich höhere Sprödigkeit besitzt als der etwas weichere Feldspat. Der Quarz bricht also leichter aus. Das ist nun praktisch keineswegs ein Fehler, denn er liefert dann einen feinen Sand oder Staub, der für die Pflasterung sehr vorteilhaft ist, weil unter seiner Mitwirkung die Pferde mit ihren Hufeisen einen besseren Halt bekommen, weil das Glattwerden verhindert wird, und weil der Straßenschlamm sandig bleibt und nicht zäh wird. Immerhin wird man häufig beobachten, dass sehr quarzreiche Granite, selbst wenn sie die höchsten Druckfestigkeitszahlen und das günstigste Ergebnis beim Abnutzungsversuch aufweisen, ein wenig stärker abgenutzt werden als quarzärmere, weil bei ihnen naturgemäß die infolge des Ausbrechens der benachbarten Gemengteile hervortretenden Feldspatmassen unter Mitwirkung des schleifenden, härteren Quarzmehles nunmehr auch etwas schneller abgenutzt werden.

Bei der Untersuchung auf Stoß werden die Resultate etwas verschieden ausfallen, je nach der Verteilung des Quarzes. Seine Sprödigkeit wird dort am meisten bemerkt werden, wo die Körner nesterartig angehäuft sind, also im Dünnschliff unter gekreuzten Nicols als mosaikartige Flächen erscheinen.

Auch größere, frische Kristalle von Hornblende und Augit sind infolge ihrer ausgezeichneten Spaltbarkeit spröde und neigen zum Ausbrechen.

Sind die Gesteine feinkörnig oder dicht, wobei die einzelnen Gemengteile erst unter dem Mikroskope erkennbar werden, so nimmt im allgemeinen die Härte im technischen Sinne und die Zähigkeit zu. Die vorwaltenden Gemengteile bei den technisch verwendeten dichten Gesteinen sind Feldspäte (Orthoklas und Plagioklase), Hornblende und Augit, wozu bei manchen noch Quarz kommt. Die Individuen, die das Gestein zusammensetzen, sind mikroskopisch klein; die Mischung ist eine innigere als bei den körnigen Gesteinen, und da Feldspäte, Augit und Hornblende die gleiche Härte 6 besitzen, so erscheint auch die Gesamthärte des Gesteins gleichartig. Ist nun noch reichlich Quarz, ebenfalls in winzigen Körnern, vorhanden, so erhöht er die Härte und Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung ganz bedeutend, denn die Sprödigkeit fällt bei den kleinen Individuen und dem dichten Gemenge nicht mehr in dem Grade ins Gewicht wie bei größeren Körnern. Darum gehören viele der in Deutschland, namentlich im Gebiete des Rotliegenden verbreiteten Quarzporphyrite zu den besten Straßenbaumaterialien.

Die porphyrischen Gesteine nehmen eine Mittelstellung ein. Es kommt darauf an, welcher Art die Einsprenglinge und wie sie in der Grundmasse verteilt sind. Sie bieten ja auch für die Politur Schwierigkeiten, weil verschieden harte Minerale sich nur ungleichmäßig abschleifen lassen. Je härter einzelne Einsprenglinge sind, um so schwerer ist es, eine gleichmäßige, glatte Fläche zu erzielen; das zeigt sich besonders, wenn z. B. Granat mit der Härte 8 in Menge vorhanden ist. Beim Schneiden brechen solche harten Körner nicht selten auch aus.

Die Poren üben auf Härte und Abnutzbarkeit keinen wesentlichen Einfluss aus.

Bezüglich der Prüfung auf Feuerbeständigkeit möchte ich bemerken, dass die meist sehr roh ausgeführten Versuche nicht von großem Werte sind. Wenn man, wie ich es selbst beobachtet habe, Werkstücke auf vielleicht 600 bis 800° erhitzt und dann

mit kaltem Wasser übergießt, so zerspringen auch die besten Gesteine. Materialien, die solchen schroffen Temperaturdifferenzen vollständig widerstehen, gibt es kaum, auch die sonst trefflichen Eruptivgesteine werden meist zerspringen.

#### IV. Aufsuchen und Gewinnung von Gesteinen in Steinbrüchen.

§ 13. Allgemeines. Wenn der Architekt Neubauten auszuführen hat, so kommt er heute kaum in die Lage, im Gelände erst nach Baumaterial suchen zu müssen. Er richtet künstlerisch seine Bauten nach bekannten Materialien ein, die gegebenenfalls von weither ohne Rücksicht auf die Kosten herbeigeht werden. Bei der Bevorzugung des einen oder anderen Gesteins spielt sehr häufig nicht die Zweckmäßigkeit die ausschlaggebende Rolle, sondern eine bestimmte Kunstrichtung oder die Mode. Wenn es auch durchaus berechtigt ist, dass jeder Bauherr seinen Bau auch im Material nach seinem Geschmack herstellen lässt, so ist es doch im allgemeinen bedauerlich, dass man das einheimische Material jeder Landschaft nicht auch für architektonische Zwecke, sei es zum Aufbau, sei es zur inneren oder äußeren Ausschmückung, mit kunstsinnigem Auge erforscht und der Verwendung zuführt. Noch unschöner ist es aber, wenn zu monumentalen Bauten, um verhältnismäßig geringe Summen zu sparen, künstliches Steinmaterial angewendet wird, das entweder in seiner Gleichmäßigkeit kalt und tot, oder in erkünstelter Mannigfaltigkeit geradezu wie ein Plagiat von einem natürlichen Gestein wirkt. Es wäre sehr zu wünschen, dass der Architekturkünstler öfter, als es bisher Brauch war, den Weg des Bildhauers einschläge, und dass bei Prachtbauten in Ornamenten der Außenflächen wie im inneren Ausbau das einheimische Gesteinsmaterial mit seinen Schönheiten mehr zur Geltung gebracht würde. Man hat die moderne Kunst und Dekoration den „Triumph der Farbe“ genannt. Sollte sich dieser „Triumph“ nicht auch im Baumaterial erreichen lassen?

Ganz andere Wege als der Architekt muss oft der Ingenieur gehen. Er kommt mit seinen Bauten oft in oder durch Gebiete, in denen größere Steinbrüche nicht erschlossen sind, und da er meist nicht in der Lage ist, sein Baumaterial in großen Mengen von weiterher zu beziehen, weil das erhebliche Unkosten verursachen würde, manchmal aber auch aus Mangel an geeigneten Transportwegen gar nicht möglich ist, so muss er sich in der Nähe seines Baues selbst geeignetes Gestein suchen und muss gegebenenfalls selbst Steinbrüche anlegen. Das nächste Hilfsmittel zum Suchen wird die geologische Karte mit ihren Erläuterungen sein. In ihnen finden sich die Gesteine eingezeichnet, wobei besonders feste Bänke meist hervorgehoben sind, weil sie in der Regel auch in der Geländeform durch eine Kante, Plateaubildung u. s. w. hervortreten. In den Erläuterungen sind solche Verhältnisse meist beschrieben. Der Ingenieur muss dann durch Aufschürfen frisches Gestein vom Anstehenden nach Entfernung der verwitterten, oberflächlichen Lagen zu gewinnen suchen und dieses auf seine Brauchbarkeit prüfen oder prüfen lassen. Vielfach sind in den Karten indessen nur die Formationen eingezeichnet, dann müssen die Erläuterungen, vielleicht auch ein geologisches Lehrbuch nachgeschlagen werden, um zu ersehen, wie diese Formationen zusammengesetzt sind. Bei Karten im Maßstabe von 1 : 25000, wie sie in Deutschland von den geologischen Landesanstalten bearbeitet werden, wird die Orientierung im allgemeinen leicht sein, weil in neuester Zeit die technisch verwertbaren Mineralien und Gesteine im Gebiete jeden Kartenblattes in der Beschreibung besonders zusammengestellt oder doch erwähnt zu werden pflegen. Fehlen solche Karten und sind nur Übersichtsblätter in kleinem



Maßstabe vorhanden, oder sind noch gar keine geologischen Karten da, so ist die Aufgabe des Suchens nach Bausteinen schwieriger. Dann ist die Begehung und das Ab-suchen der weiteren Umgebung von der Baustelle der einzige Weg. In bewohnten Gegenden lassen sich aber auch da Anhaltspunkte finden und zwar an Häusern, Mauern u. s. w. Namentlich ältere Bauwerke sollten immer genauer daraufhin betrachtet werden, aus was für Gesteinen sie erbaut sind; in den meisten Fällen stammen sie aus der nächsten Umgebung, und die Bewohner wissen Bescheid woher. Man sieht an solchen Mauern u. s. w., die lange der Witterung ausgesetzt waren, zugleich, wie sich die verschiedenen Gesteine gehalten haben. Man lernt sofort, welche Lagen man benutzen darf, und welche man ausschließen muss.

Hat man eine Lagerstätte gefunden, so müssen zur Untersuchung znnächst Auf-schlussarbeiten vorgenommen werden. Bohrlöcher sind in diesem Falle im allgemeinen nicht zu empfehlen; nur dann sind sie dienlich, wenn man die Mächtigkeit des Ab-raumes, falls über dem gewinnbaren Gestein noch anderes, technisch vielleicht wertloses lagert, feststellen will. Im festen, anstehenden Felsen liefert das Bohrloch mit dem Meißelbohrer nur Mehl und Brocken, an denen man wohl auch über die Zusammen-setzung, Frische, Härte manches bestimmen kann, aber über sehr wichtige Punkte, die gerade für den Abbau in Frage kommen, wie Lagerung, Streichen und Fallen der Schichten, Mächtigkeit der Bänke, Absonderung und Klüftung, selbst über manche wichtigen Eigentümlichkeiten in der Struktur erhält man keinen Aufschluss. Vor allen Dingen sollte es möglichst vermieden werden, den Steinbruch so anzulegen, dass bei geschichteten Gesteinen die Schichten gegen den Abbau einfallen. Um alles zu erforschen, dazu eignen sich am besten Schächte mit nicht zu geringem Durchmesser und an Ab-hängen, Gräben oder Stollen. Letztere geben zugleich die Möglichkeit, falls Wasser auftritt, dieses zweckmäßig abzuleiten. Es empfiehlt sich, wenn der Abbau in größerem Maßstabe erfolgen soll, derartige Einschläge an mehreren Stellen vornehmen zu lassen.

Auf eine wichtige Beobachtung für die Anlage von Steinbrüchen macht Salomon (Steinbruch 1911) aufmerksam. Wenn ein Abhang aus gleichmäßig anstehendem Gestein besteht, etwa aus Granit, Porphy, aber auch Sandstein u. a., so sieht man doch oft, dass er durch kleine Talfurchen oder auch nur tiefe Rinnen gegliedert ist. Diese Einschnitte sind nicht zufällig, sondern meist da vom Wasser geschaffen, wo für die Zerstörung des Gesteins Angriff geboten war. Es sind vielfach Klüfte, die sich an solchen Rinnen häufen und auch nach der Tiefe in das Gestein hinein fortsetzen. Man muss also solche Tälchen meiden und den Bruch immer auf der Kante oder einem Vorsprung anlegen.

Vor allen Dingen ist noch darauf aufmerksam zu machen, dass vor dem Beginn des Abbaues das nötige Gelände und zwar mit Rücksicht auf die Unterbringung des Abraumes in reichlichem Maße erworben wird. Ist der Betrieb einmal eröffnet, so pflegen die Grundstückspreise in der Umgebung ins Ungemessene zu steigen.

Unter Abbauen versteht man die nach bestimmten, auf praktischen und theoretischen Grundlagen beruhenden Regeln erfolgende Gewinnung der natürlichen Gesteine.

Jede andere nicht nach bestimmten Regeln vorgenommene Gewinnung wird seit altersher als Raubbau bezeichnet.

Die Gewinnung erfolgt entweder im Tagebau oder im Tiefbau; der letztere hat nach den für die Bergwerke bestehenden Vorschriften zu erfolgen.

**§ 14. Der Abraum.** Beim Tagebau kann erst dann mit dem wirklichen Abbau begonnen werden, wenn der Abraum beseitigt ist. Unter Abraum versteht man alles Gebirge, welches das der Gewinnung unterliegende Gestein überlagert. Das kann Deckgebirge sein, d. h. jüngere Schichten, die später abgelagert wurden, oder Gehängeschutt, der sich durch Abrollen von obenher aufgehäuft hat, oder Verwitterungsmaterial, das an Ort und Stelle entstanden ist und manchmal auch noch gewinnbare, unverwitterte, dann meist gerundete, kugelige oder wollsackähnliche Blöcke enthalten kann.

Der Abraum darf nie bis an die Oberkante der im Abbau begriffenen Wand heranreichen, sondern soll mehrere, wenigstens 3 bis 4 Meter davon entfernt bleiben, sodass das anstehende, abbaufähige Gestein freiliegt. Das ist außerordentlich wichtig, weil dadurch das gefährliche Abgleiten von Massen am Gehänge in den Bruch hinein verhindert wird. Es ist ferner oben bereits beschrieben, dass man nach Beseitigung des Abraumes gefährliche Klüfte und Spalten erkennt, die vielleicht in Begleitung von Verwerfungen auftreten und die Ursache zum unvorhergesehenen Hereinbrechen von Wänden werden können, nachdem vorn ja das Widerlager durch den Abbau entfernt ist. Hat es sich nicht vermeiden lassen, den Bruch im Fallen der Schichten anzulegen, so sollte bezüglich des Abraumes der deckenden Schichten besondere Vorsicht walten.

In kleineren Steinbrüchen, und wenn das Deckgebirge nicht mächtig ist, auch wenn festeres Gestein vorliegt, werden die Abraumarbeiten von Hand ausgeführt. Die Förderung der Massen wird dann entweder mit Handkarren oder durch Muldenkipper bewirkt.

In großen Brüchen bedient man sich bei erheblichem Deckgebirge, das aus Sand, Kies, Ton oder Mergel besteht, die locker sind, der Baggermaschinen. Zu ihrem Studium verweise ich auf das Kapitel „Baggermaschinen“ von Weihe im II. Kapitel der Abteilung „Die Baumaschinen“ im Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Derartige Abraumbeseitigung im großen Maßstabe besorgt der Steinbruchsbesitzer heute meist nicht mehr selbst; es ist vorteilhafter, diese Arbeit einem Unternehmer zu übertragen, der sich lediglich mit solchen Aufgaben beschäftigt und darum mit Maschinen- und Wagenmaterial aufs beste eingerichtet zu sein pfligt.

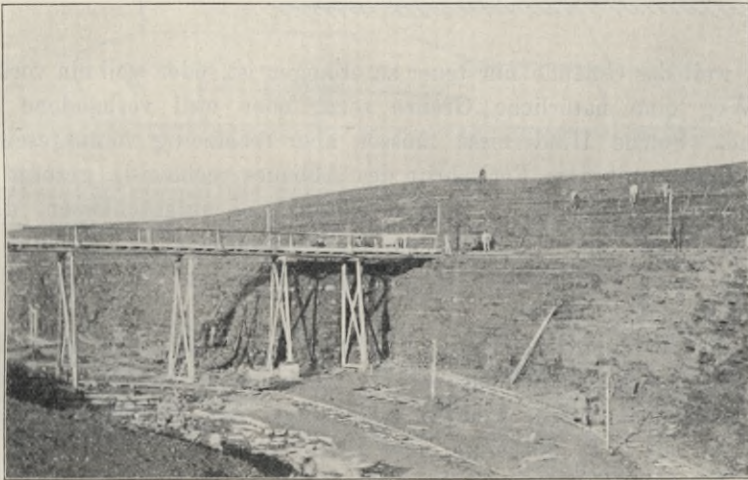
Die Bewältigung und Lagerung des Abraumes bildet bei vielen Steinbrüchen eine große Schwierigkeit, auf die unbedingt schon bei der Anlage des Steinbruches Rücksicht genommen werden muss. Das wird vielfach versäumt, und dann stellt sich gewöhnlich zuerst Mangel an geeignetem Gelände ein, das nachträglich beinahe immer mit unverhältnismäßigen Kosten zu beschaffen ist. Manchmal besteht der Abraum aus wertvollem Material, aus technisch verwertbarem Ton, Sand oder Kies, der verkauft werden kann. Das sind besonders günstige Fälle. Mit den größten Schwierigkeiten der Abraumbeseitigung haben gewöhnlich die Betriebe zu kämpfen, die in Tälern gelegen sind.

In jedem Falle empfiehlt es sich, das zuerst gewonnene Abraum-Material möglichst weit vom Bruch weg zu fördern, um nicht gleich eine Beengung des Bruchgeländes herbeizuführen. Bei kleineren und mittleren Sandsteinbrüchen, sowie bei Kalksteinbrüchen mit steilen Wänden u. s. w. wird der Abraum gewöhnlich über die Bruchwand hinuntergeworfen, manchmal auch, z. B. wenn Löss ansteht, mit Wasser hinuntergeschwemmt und dann entweder in vorher durch den Abbau hergestellte Vertiefungen gelagert oder mittels Rollwagens oder Fuhrwerkes auf die Halde abgefahren. Liegen

mehrere kleinere, verschiedenen Besitzern gehörende Brüche nebeneinander, wie das oft vorkommt, so ist eine andere Förderart kaum möglich, es sei denn, dass sich die Besitzer klugerweise zu gemeinsamer Förderung des Abraumes vereinigen. Der wirtschaftlich günstigste Abraumtransport erfolgt in der Weise, dass man längs der Bruchwand das Material verfährt und an einer dem Bruche abgewendeten Seite abstürzt. Dabei ist jederzeit darauf zu achten, dass der Abraum nicht auf abbaufähiges Gelände kommt, wo er etwa in späteren Jahren wieder entfernt werden müsste.

Lässt sich der Abraum in der bisher beschriebenen Weise aus irgend welchen Gründen wegen Mangel an Gelände u. s. w. nicht beseitigen, so ist es zweckmäßig, eine Abraumbrücke zu errichten und das Material rückwärts in das abgebaute Bruchgelände zurückzustürzen. Dabei ist zu beachten, dass die Entfernung zwischen Halde und Bruchwand nicht zu gering wird, damit genug Platz für die Arbeit und das Lager bleibt; vergl. Fig. 35.

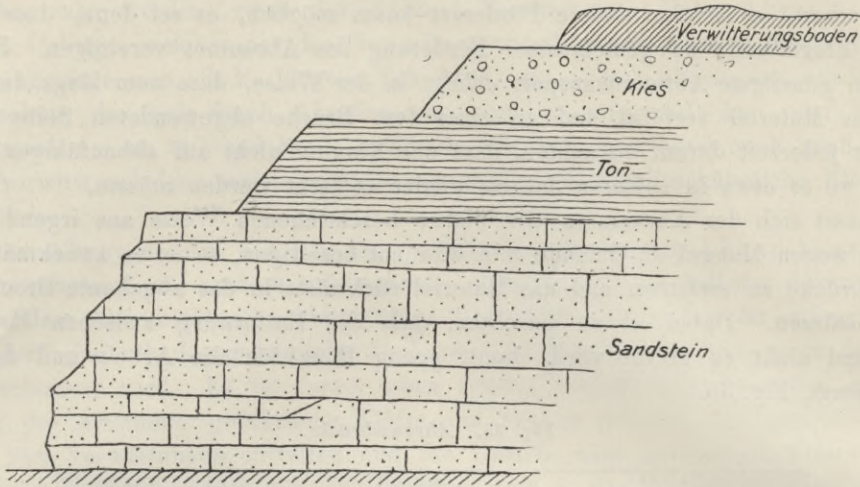
Fig. 35. *Abraumbrücke.*



Die Art der Abraumgewinnung muss sich dem Material anpassen. Besteht es aus Sand oder Kies, so hat sie böschungsmäßig zu erfolgen. Handelt es sich um etwas festeres Gestein, wie Löss, Lehm, Mergel, Ton u. a., so fährt man die Kippwagen am besten hart an die Wand heran und hackt vom Anstehenden unmittelbar in diese hinein. Überhängende Massen sind unter allen Umständen zu vermeiden, darum empfiehlt es sich, bei größerer Mächtigkeit die Gewinnung in zwei oder mehreren Etagen vorzunehmen. Derartige Gewinnung in Etagen wird auch dann notwendig, wenn in den deckenden Schichten verschiedenartige Gesteine schichtenweise übereinander lagern, die natürlich beim Abräumen verschieden behandelt, vielleicht sogar teilweise gesprengt werden müssen. Die obere Etage muss dann stets so weit vorgeschritten sein, dass die auf der nächsten unteren arbeitenden Leute nicht beschädigt werden können; siehe Fig. 36.

Den Abstand zwischen Abraumstoß und Abbaustoß nennt man Berme (französisch Wall-Absatz). Die Art der Abräumung und der Abstand vom Abbaustoß gibt leider nur zu oft in vielen Steinbrüchen Veranlassung zu behördlicher Beanstandung. Die Steinbruchsunternehmer befolgen die Vorschriften, die ja doch lediglich für die Sicherheit der Arbeiter und des Betriebes veranlasst sind, vielfach nicht genügend, nicht nur darum, weil die Beseitigung in den meisten Fällen eine höchst unproduktive Arbeit darstellt,

Fig. 36.



sondern auch, weil das Gelände nur teuer zu erlangen ist, oder weil ein vorüberführender öffentlicher Weg eine natürliche Grenze setzt, oder weil vorhandene Holzbestände hinderlich sind. Solche Hindernisse müssen aber rechtzeitig vorausgesehen und muss für ihre Beseitigung mit dem Fortschritt des Abbaues rechtzeitig gesorgt werden.

Ist dann das abzubauen Gestein hinreichend aufgeschlossen, d. h. sind allseitig die losen Schutt- und Geröllmassen, das Deckgebirge (der Abraum) und endlich die verwitterten, nicht verwertbaren Gesteinsmassen entfernt, so kann mit dem regelrechten Abbau begonnen werden.

Die Wahl der anzuwendenden Abbaumethode muss sich nach der Lagerung und petrographischen Beschaffenheit des zu gewinnenden Gesteins richten. Es gibt nicht viele verschiedene Arten, weil im allgemeinen der oberflächliche Gesteinsabbau viel einfacher ist, als z. B. derjenige eines Kohlenflötzes oder Erzganges.

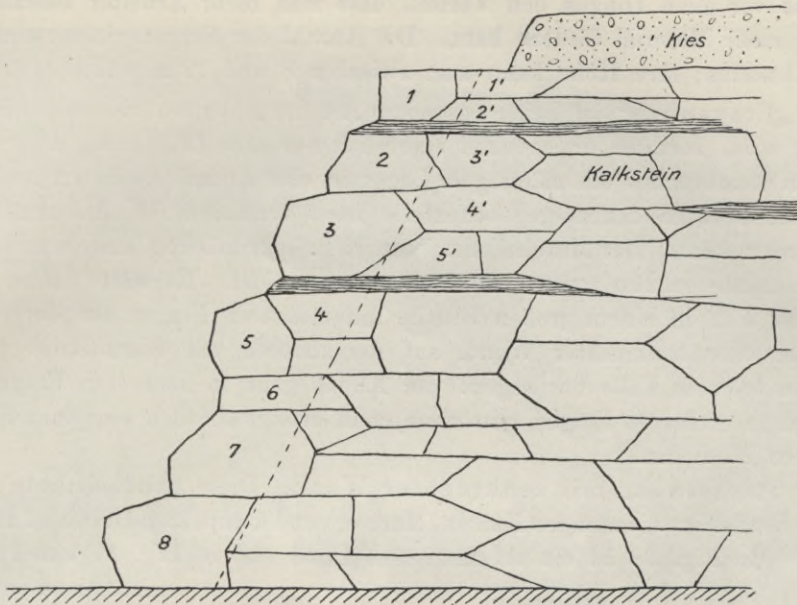
Mit M. Freyberg teilen wir die Abbaumethoden ein in Strossenbau (mit schräger Wand oder mit senkrechter Wand), Unterhöhlungsbau (durch Schrämbetrieb oder durch Stollenbetrieb) und Trichterbau.

**§ 15. Strossenbau.** Unter Strossen versteht man stufenförmige Absätze. Der Strossenbau ist eine der ältesten Abbaumethoden beim Gangbergbau. Er erwies sich als vorteilhaft, weil man die Möglichkeit hat, eine größere Anzahl Arbeiter auf einem Gang hintereinander anzulegen.

Beim Steinbruchsbetrieb ist der Strossenbau in der Regel schon durch die natürliche Schichtung, Absonderung und Klüftung des Gesteins bedingt. Je nach deren Art im einzelnen erfolgt dann der Abbau mit schräger Wand oder mit senkrechter Wand.

Den Strossenbau mit schräger Wand wendet man bei fast allen Hartgesteinen an mit Ausnahme von solchen, die in bestimmter Weise abgesondert sind, in Säulen, Pfeilern oder Platten, wie es bei Basalten, gelegentlich auch Porphyren u. a. vorkommt. In Fig. 37 sei der Abbau mit schräger Wand schematisch dargestellt. Gedacht ist dabei an Kalksteine, wie sie z. B. bei dem tertiären Cerithienkalk oder dem Muschelkalk vorkommen. Die einzelnen Bänke sind unregelmäßig klüftig und zeigen manchmal deutliche Schichtung, manchmal fast massige Struktur, vereinzelt sind Mergelschichten zwischengelagert. Die einzelnen Blöcke lassen sich leicht lockern, da die Trennungs-

Fig. 37.



klüfte durchgehen und ebenso die Schichtfugen. Man wird zuerst, nachdem der Abraum genügend entfernt ist, den obersten Block hereinzugewinnen suchen. Sind seine Dimensionen so groß, dass er ganz nicht gut bewältigt werden kann, so kann er an einer oder mehreren Stellen mit dem Bohrer oder mit Hülfe von Keilen durchstoßen werden, damit er in Teilstücke zerfällt, oder er muss gesprengt werden. Auf diese Weise wird die oberste Strosse gebildet. Man wird dann in der gleichen Weise die Blöcke 2 und 3 zu gewinnen suchen. Die Steine werden mittels Winden am bequemsten auf die Bruchsohle hinabgestürzt. Man wird dann, um die schräge Wand zu erhalten und das Abstürzen zu erleichtern, nicht eher an die Gewinnung der hinteren zweiten Blockreihe 1', 2', 3' u. s. w. herangehen, als bis Stein 8 über der Sohle des Bruches entfernt ist. In gleicher Weise werden die seitlichen Gesteinsmassen bewältigt, sodass durch den ganzen Bruch die schräge Wand erhalten bleibt. Auch dichte Eruptivgesteine, die sehr häufig stark klüftig sind, wie Porphyre, Porphyrite, Melaphyre u. s. w. werden auf diese Weise abgebaut. Die schräge Wand ist indessen, wie leicht einzusehen ist, keine ebene Fläche, sondern wird unregelmäßige, kantige Vorsprünge besitzen, über die die Blöcke hinabrollen. Es ist immer darauf zu achten — und das besonders bei stark klüftigem Gebirge — dass jederzeit eine genügende Böschung eingehalten wird, da anderenfalls sich leicht Blöcke lösen und herabstürzen, wodurch Arbeiter verletzt werden können.

Bei dieser Abbaumethode ist jederzeit sehr vorsichtiges Arbeiten und gute Aufsicht notwendig, weil sie immerhin etwas gefährlich ist. Sind z. B. die Massen durch Sprengung gelockert und werden mit dem Brechisen hereingewonnen, so können festere Blöcke leicht auf Felsvorsprünge auffallen, abprallen, im Bogen geschleudert werden oder eine seitliche Ablenkung erhalten, wodurch an tieferer Stelle zu nahe beschäftigte Leute getroffen und verletzt werden können.

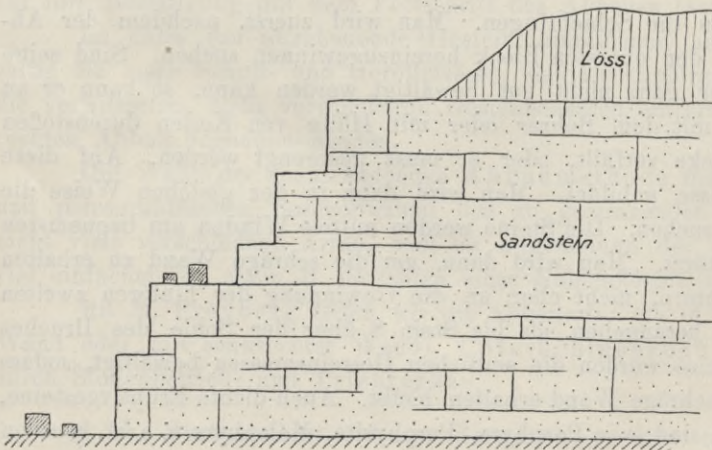
Steht das zu gewinnende Gestein in größerer Mächtigkeit an, so ist es sehr zweckmäßig, den Abbau in mehreren Etagen oder Terrassen vorzunehmen. Man

erzielt dadurch außer der Verringerung der Fährlichkeiten beim Abstürzen von allzu-großer Höhe vor allen Dingen den Vorteil, dass man mehr Arbeiter beschäftigen und damit auch mehr Material fördern kann. Die Anzahl der Etagen richtet sich nach der Höhe des Gesteins; ihre Höhe kann man zwischen 8 und 12 m wählen.

Der „Etagenbau“ ist keine besondere Art des Abbaues, wie es noch manchmal beschrieben wird, sondern er bedeutet eigentlich nur eine Gliederung oder Einteilung eines großen Steinbruches mit mächtigem Lager in eine Anzahl kleinerer, an sich selbstständiger Betriebe, in denen gegebenenfalls nach verschiedenen Abbaumethoden gearbeitet werden kann. Der Muschelkalk kann z. B. sehr mächtig anstehen; seine Bänke sind in verschiedenen Horizonten verschieden ausgebildet. Es wäre darum sehr wohl möglich, dass man in einem großen Bruche mit mehreren Etagen auf der einen Sohle mit schräger oder senkrechter Wand, auf der anderen mit Sturzbetrieb baut. Man kann also in solchem Falle nur sagen: der Abbau geht in mehreren Etagen um (das Gestein wird in mehreren Etagen gewonnen) und erfolgt auf den einzelnen Sohlen nach verschiedenen Methoden.

Der Strossenbau mit senkrechter Wand. Diese Abbaumethode wird hauptsächlich bei Sandsteinen, massigen Kalken (Marmor) und kompakten Graniten, Dioriten u. a. angewendet. In Fig. 38 ist ein schematisches Profil und in Fig. 39 eine Photographie

Fig. 38.



eines Sandsteinbruchs wiedergegeben, in denen man deutlich die Anlage der verschiedenen Strossen erkennen kann. Die Tiefe der einzelnen Stufe ist sehr verschieden; sie wechselt zwischen 5 und 8 m, beträgt manchmal aber auch weniger oder mehr. Die Blöcke werden durch Schrote mit Hand oder neuerdings auch maschinell in der gewünschten Größe vom Felsen gelöst und über die Felswand

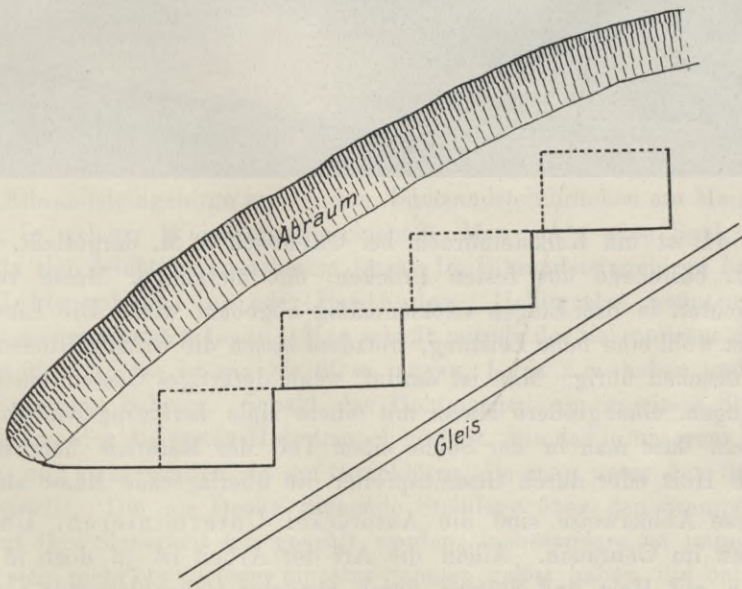
hinuntergeworfen. Im Hintergrund von Fig. 39 ist eine Ingersoll-Rand-Schrotmaschine sichtbar. In ausländischen Steinbrüchen, namentlich bei Marmor und anderen Kalksteinen, aber auch bei Sandsteinen werden große Werkstücke auch unmittelbar vom Anstehenden durch Steinsägen über der Lagerfläche abgesägt und dann auf schiefer Ebene nach der tieferen Sohle befördert. Die einzelnen Strossen sind, wie unser Bild zeigt, durch Leitern erreichbar. Je größer die Zahl der Strossen ist, um so mehr Leute kann man beschäftigen. In großen Brüchen richtet man darum, um das zu erreichen, an mehreren räumlich getrennten Stellen Abbauorte oder besser, wie man beim Flötzbergbau sagt, Abbaufelder ein.

Vielfach legt man in Steinbrüchen, in denen Werksteine gewonnen werden, also hauptsächlich bei Sandsteinen, aber auch bei Basalten u. s. w. Terrassen in weiter Ausdehnung an, sodass die Länge 100 bis 150 m, die Höhe der Stufen 10 bis 20 m beträgt; die Breite ist verschieden, wird aber in der Regel so bemessen, dass das Gestein

Fig. 39. Sandsteinbruch mit senkrechten Abbauwänden.



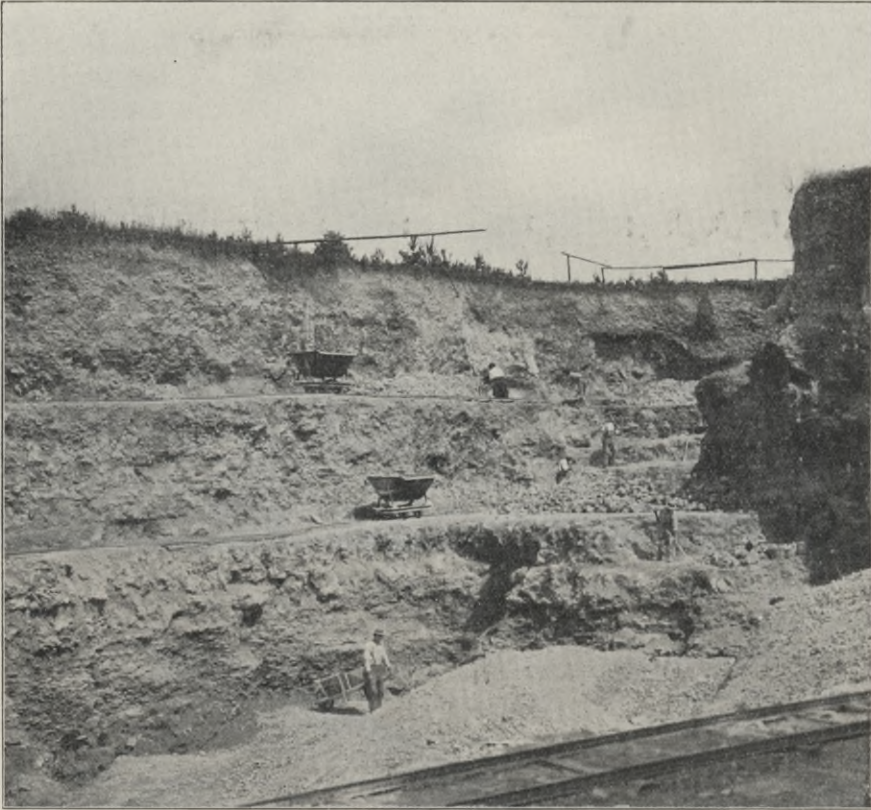
Fig. 40.



gleich an der Gewinnungsstelle bearbeitet werden kann. Der Abbau auf jeder Sohle wird wieder strossenförmig betrieben und am besten so, dass die Abbauorte stufenförmig angeordnet sind. Diese Abbauweise ermöglicht die größte Angriffsfläche, sodass die meisten Arbeiter angelegt werden können. Die zweckmäßige Anordnung der Abbaufelder zeigt die schematische Fig. 40 im Grundriss. Nimmt man jedes Feld zu  $10 \times 6$  m

groß und rechnet, dass auf jedem 3 Mann arbeiten, so können in einem Bruche von etwa 70 m Breite 21 Steinbrecher beschäftigt werden. Bei solcher Anordnung wird die Leistungsfähigkeit außerordentlich erhöht.

Fig. 41. Kalksteinbruch bei Offenbach.



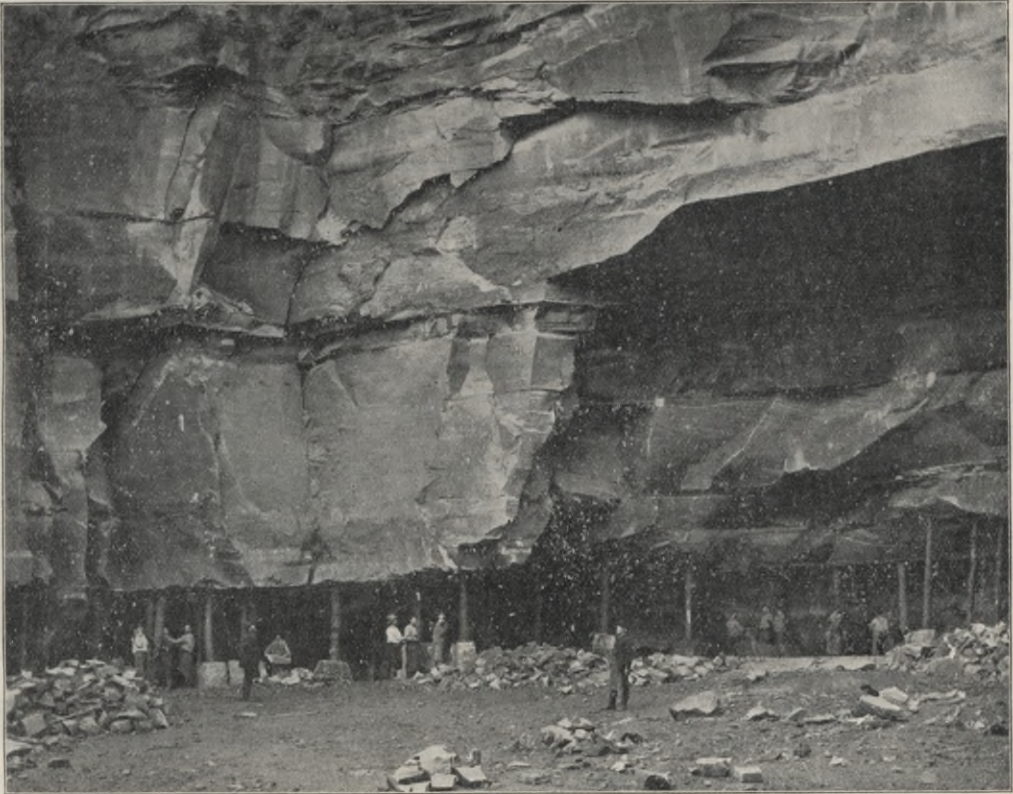
In Fig. 41 ist ein Kalksteinbruch bei Offenbach a. M. dargestellt, in dem das mürbe Gestein, bestehend aus festen Brocken, mit mergeliger Masse vermischt und deutlich geschichtet, in drei Etagen strossenmäßig abgebaut wird. Die Einrichtung von Etagen gestattet wohl eine hohe Leistung, trotzdem lassen die wirtschaftlichen Ergebnisse manches zu wünschen übrig. Man ist darum, wenn derartiges Gestein mächtig ansteht, dazu übergegangen, eine größere Masse mit einem Male hereinzugewinnen. Das wird dadurch möglich, dass man in der Sohle einen Teil des Materials herauschrämt und entweder durch Holz oder durch Gesteinspfeiler die überlagernde Masse stützt.

Für diese Abbauweise sind die Ausdrücke: Unterminieren, Unterhöhlen, Unterschaffen im Gebrauch. Allein die Art der Arbeit ist ja doch in den beiden Fällen: Stützen mit Holz und Stützen durch zunächst stehenbleibende Gesteinspfeiler sehr verschieden. Wir behandeln die beiden Arten darum getrennt.

**§ 16. Unterhöhlungsbau.** Der Unterhöhlungsbau durch Schrämbetrieb ist dadurch charakterisiert, dass auf eine bestimmte Länge und Tiefe die Gesteinswand unterschrämt und das darüber lastende Gestein durch Holz gestützt wird. Man erreicht damit ein Umwerfen der gesamten Gesteinswand, um möglichst große Werkstücke für



Fig. 42. Mainsandsteinbruch.



die spätere Bearbeitung zu erhalten. Der Schram wird in der Regel bis zu einer senkrecht den Felsen durchsetzenden Kluft, die als Trennungsfäche dient, getrieben. Diese Methode wird am meisten beim Abbau hoher Sandsteinwände, in Deutschland besonders im Elbsandsteingebirge und in den Buntsandsteinbrüchen am Main angewendet. Fig. 42 zeigt, in welcher Weise dies geschieht.<sup>5)</sup> Man sucht eine Bank am Fuße der Wand aus, die sich leicht herausarbeiten lässt. Im Elbsandsteingebirge bezeichnet man sie als den Hohlmacherboden oder Faulboden. Hohlmacher nennt man auch die mit dieser Arbeit umgehenden Leute. Man schafft mittels des Schroteisens die sogenannte Hohle in den Felsen, das ist ein bis 60 m langer, 1 bis 2 m hoher und 20 m tiefer Schlitz oder richtiger Schram. Sobald das Hohlmachen ein gewisses Stück vorwärtsgeschritten ist, werden die ersten Holzstempel gestellt, wie das in unserem Bilde deutlich zu ersehen ist, und zwar werden sie auf Steinklötze, die man unter den Stempeln ebenfalls sieht, gestellt. Die als Decke dienende Steinlage über den Stempelköpfen muss regelmäßig auf ihre Sicherheit hin geprüft werden; insbesondere ist immer wieder festzustellen, ob sich nicht etwa wieder einzelne Schalen gelöst haben, die entweder herein genommen oder durch Kappen gesichert werden müssen.

Die auszubrechende Gesteinsbank wird je nach ihrer Festigkeit durch die Spitzhacke oder durch Bohrer und Sprengung mit Pulver herausgearbeitet. Je tiefer die

<sup>5)</sup> Vergl. dazu: „Beschreibung des von der Sektion VII der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft ausgestellten Modelles eines Elbsandsteinbruches mit Unterhöhlungsarbeit.“

Höhlung wird, um so mehr Vorsicht ist geboten. Die Stempel müssen entsprechend vermehrt werden. Um etwaige Druckerscheinungen, die ein Absenken der Gesteinsmasse anzeigen, rechtzeitig und sicher bemerken zu können, legt man zwischen Stempel und Decke kleine Glasflaschen oder auch Scheiben ein, aus deren Verhalten die geübten Leute Schlüsse auf die Druckverhältnisse ziehen können.

Je nach der Größe der Schrame dauert das Hohlmachen mehrere Monate, manchmal auch viel länger, bis zu zwei und drei Jahren. Ist dann der Schram weit genug vorgetrieben, so machen sich die ersten Anzeichen bemerkbar, dass die Wand „auf den Druck“ kommt, d. h. die Wand beginnt sich zu senken und auf die Holzsäulen zu stützen. Diese Bewegungen können Tage und Wochen dauern, sie kündigen sich durch dumpfes kanonenschussähnliches Rollen im Innern der Wand an, während die Holzstempel unter dem Druck ächzen und teilweise zerknickt werden. „Die Wand schreit“.

Sobald die Wand genügend in Druck gekommen ist, geht man daran, die Steinsockel wegzusprenge, wodurch die Holzstempel zu Falle kommen. Langsam lösen sich einzelne Steine von der Felskante ab, bis schließlich die Felsmasse das Übergewicht bekommt und im weiten Bogen herunterstürzt. Bei dem Fallen der Wand wird der Abraum am weitesten fortgeschleudert und von dem frischen Gestein getrennt. Der gestürzte Fels zerfällt in verschieden große Blöcke von verschiedenartigem Material, je nach den Bänken und Schichten, aus denen die Ablagerung besteht. Je nach Bedarf werden dann die geeigneten Stücke ausgewählt, weiter zerkleinert und bearbeitet.

Fig. 43.

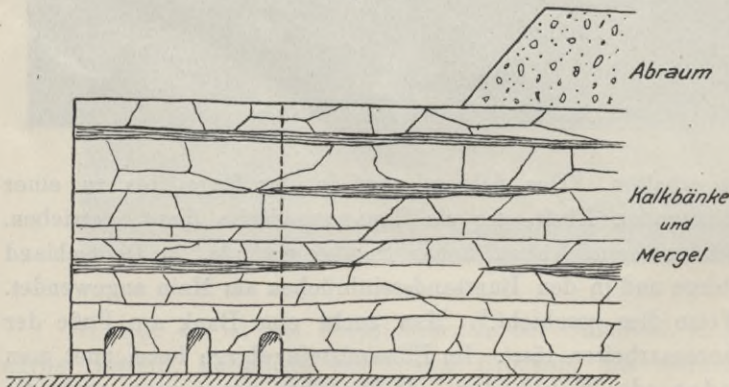
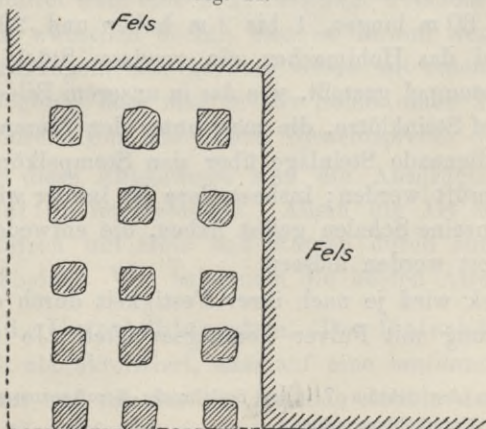


Fig. 44.



Diese Abbaumethode hat leider in früheren Jahren viele Opfer an Menschenleben gekostet. Darum hat man im Königreich Sachsen eine besondere Staatsaufsicht über die Sandsteinbrüche und besonders über den Unterhöhlungsbau eingeführt.

Der Unterhöhlungsbau durch Stollenbetrieb bezweckt nicht die Erlangung großer Werkstücke, sondern dadurch, dass man die Felsen förmlich in sich zusammenstürzen lässt, im Gegenteil möglichst kleinstückiges Material zu erhalten, das ohne wesentliche weitere Zerkleinerungsarbeit sofort abgefahren werden kann. Er wird infolgedessen bei anderem Gestein angewendet wie die vorhergehende Methode,

am meisten wohl bei geschichteten, mit Mergeln wechsellagernden, stark zerklüfteten Kalksteinen für Mörtel- und Zementfabrikation. Dieser „Sturzbetrieb“ wurde zuerst in den Rüdersdorfer Muschelkalksteinbrüchen bei Berlin angewendet und ist heute wegen seiner Zweckmäßigkeit weit verbreitet.

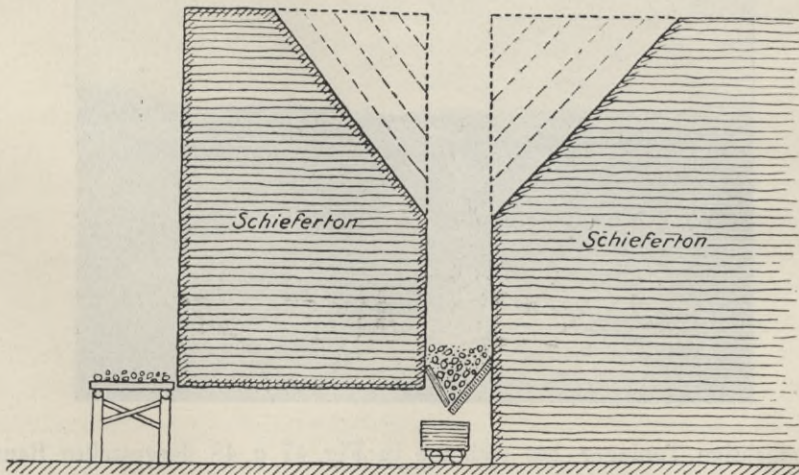
Die beiden beistehenden Skizzen lassen erkennen, in welcher Weise Stollen und Pfeiler angeordnet werden. Fig. 43 zeigt den Eingang in die Stollen unter der zu stürzenden Wand, Fig. 44 im Grundriss die Anordnung von Pfeilern und Stollen.

Auf der Bruchsohle werden also Strecken oder Stollen bis zu einer gewissen Tiefe getrieben, und durch Querstrecken wird das Gestein weiter durchörtert. Die Pfeiler werden dann zusammengeschossen, wodurch die darüberlagernde Felsmasse zu Bruche geht. Seit einigen Jahren wird nach dieser Methode die Gewinnung der Kalksteine und Mergel für die Zementfabrikation in Leimen bei Heidelberg und Weisenau bei Mainz betrieben. Diese Bauweise ist durch O. Schott in „Der Steinbruch“, Heft 23 u. 24 von 1907 beschrieben. Die Arbeiten werden in folgender Weise ausgeführt:

In Entfernungen von 4 m werden etwa 2 m breite Parallelstrecken 8 m tief auf der Bruchsohle in den Felsen getrieben. Die lichte Höhe dieser Stollen beträgt in der Regel 2 m. Die so geschaffenen Längspfeiler werden am hinteren Ende und in der Mitte mehrmals rechtwinkelig durchquert, sodass Reihen von Pfeilern von etwa 2 m Durchmesser stehen bleiben, wie das aus der schematischen Fig. 44 zu ersehen ist. Diese Pfeiler werden dann gesprengt, sodass die ganze Felsmasse in sich zusammenstürzt. Dabei wird eine starke Zertrümmerung und Mischung des Gesteins herbeigeführt, wie das für die Zementfabrikation erwünscht ist. Die Sprengung wird in der Weise durchgeführt, dass die Pfeiler angebohrt, besetzt und dann mit elektrischem Zünder versehen werden, damit man alle Bohrlöcher gleichzeitig entzünden kann.

Ehe nun aber mit dem Aufräumen und Verladen des Gesteins begonnen werden kann, muss eine längere Zeit gewartet werden, bis sich das Gebirge vollkommen beruhigt hat. Auch müssen vorher an der Bruchwand hängende Gesteinsbrocken und etwa überhängende Massen entfernt werden.

Fig. 45.



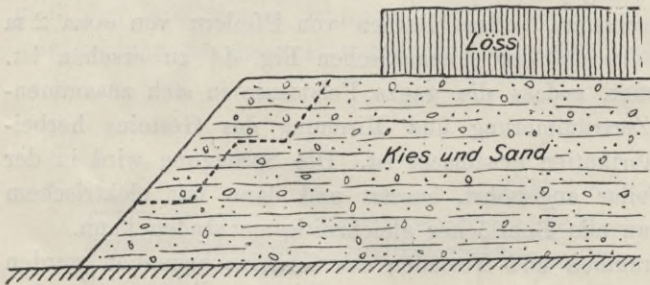
§ 17. Der Trichterbau. Bei Kalksteinen, bituminösen Schiefen u. a. von lockerer Beschaffenheit und großer Mächtigkeit hat man eine Abbaumethode versucht, die namentlich

beim Braunkohlentagebau gebräuchlich ist. Sie besteht darin, dass man das durch Hacken oder Schießen gewonnene Material in einen Schacht abrollen lässt, aus dem es mittels Schieber in untergeschobene Kippwagen abgezogen wird. Die Gewinnung beginnt in der Nähe des Schachtes und breitet sich allmählich trichterförmig aus, wie es die Skizze in Fig. 45 darstellt. Die einzelnen Trichter werden so angelegt, dass sie sich gegenseitig berühren. Die Entfernung zweier Schächte oder Aufbrüche beträgt gewöhnlich 18 bis 20 m. Dieses Maß besitzt auch der größte Durchmesser des Kegels oder Trichterkreises.

Diese Abbaumethode erfordert eine förmliche Ausrichtung wie beim Flötzbergbau. Von einer Hauptstrecke aus werden kurze Strecken vorgetrieben, von welchen aus die Schächte angeschlagen werden. Zweifellos besitzt diese Bauweise große Vorzüge und ist auch in wirtschaftlicher Beziehung; sobald sich das Gestein dazu eignet, als vorteilhaft zu bezeichnen.

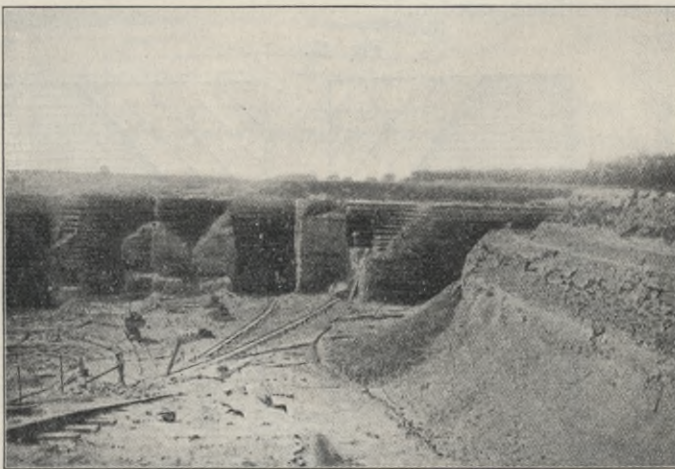
**§ 18. Der Betrieb von Gräbereien.** Die Gewinnung von Sand, Kies, Mergel, Ton u. s. w. kann nur böschungsmäßig vorgenommen werden, wie es in Fig. 46 in einfacher Weise dargestellt ist. Bei größerer Mächtigkeit empfiehlt es sich auch hier,

Fig. 46.



den Abbau treppenförmig einzurichten, wie es die punktierten Linien in Fig. 46 andeuten sollen. Das Unterhöhlen und Abstürzen von Sandmassen ist ein sehr gefährlicher Betrieb, der durchaus vermieden werden sollte; trotzdem kommt er immer wieder vor und erzeugt Unglücksfälle.

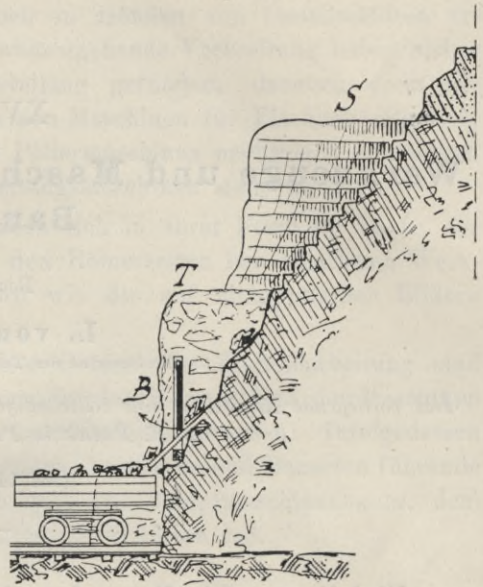
Fig. 47.



Für mächtige Tonlager hat sich die in Fig. 47 u. 48 dargestellte Bauweise gut bewährt. Sie ist in der Monatsschrift der Steinbruchsberufsgenossenschaft, Nr. 9, 1901, S. 139 beschrieben; die Figuren sind von da entnommen. Der Abbau setzt ziemlich hohe Wände reinen Materials voraus und geht in der Weise vor sich, dass man das

Lager stufenförmig einteilt und jede Stufe für sich gewinnt. Die treppenförmig mit kreisrundem Grundriss angelegten Abbaustrossen *S* ermöglichen das Abrutschen des losgelösten Materials nach der Mitte zu. Dort bildet das bereits gelockerte Material einen natürlichen Trichter *T*, der die herabrollenden Brocken in einen senkrecht in die noch stehenden Wände gegrabenen Schlitz leitet, vor dem ein Brett pendelnd aufgehängt ist. Dieses dient dazu, den Wagen vor dem allzustarken Aufschlagen der Tonbrocken zu schützen; sie stoßen dagegen und werden durch den Rückprall auf eine schiefe Ebene aus Holz geschleudert, auf der sie in den in einen Schlitz in der Tonwand eingeschobenen Wagen gleiten.

Fig. 48.



Auf diese Weise könnten auch andere standfeste Materialien, sogar Sand, gewonnen werden, wenn er nicht vor dem Abfahren gesiebt werden muss.

In neuester Zeit hat man beim Abbau von zähen Tonen auch sehr gute Resultate mit Sprengen erzielt, wobei der Sprengstoff allerdings keine zu hohe Brisanz haben darf.

## XV. Kapitel.

# Werkzeuge und Maschinen zur Bearbeitung von Bausteinen.

Bearbeitet von

**L. von Roessler,**

Professor an der Techn. Hochschule in Darmstadt.

*Das vorliegende Kapitel ist eine vollständige Neubearbeitung eines Teiles des für die 1. Auflage von F. Polak in Prag verfassten Kapitels XI.*

(Mit 144 Textfiguren.)

**Einleitung.** Die Verwendung bearbeiteter, natürlicher Steine als Baumaterial lässt sich in vorgeschichtliche Zeiten zurück verfolgen. Noch weiter zurück geht die Benutzung und Bearbeitung von Steinen zu Werkzeugen und Waffen. Das Behauen, Spalten, Schleifen und Durchbohren derselben erfolgte ebenfalls mit Steinwerkzeugen bezw. mit Steinsand. Auch die Bearbeitung von Steinen für Bauwerke geschah ursprünglich mit Steinwerkzeugen. Als Material derartiger Werkzeuge konnten natürlich nur Gesteine mit hoher Festigkeit in Frage kommen wie Diorit, Gabbro, Serpentin, Süßwasserquarz und namentlich Nephrit und verwandte Gesteine. Dieselben wurden vielfach dort, wo sie sich in größerer Menge fanden, im Bergbaubetrieb gewonnen und in Werkstätten zu Werkzeugen und Waffen für den ausgedehnten Tauschhandel verarbeitet. Stahlwerkzeuge und eine hoch entwickelte Steinbearbeitung finden wir dann schon bei den Ägyptern, welche selbst Hartgesteine wie Granit und Porphyrt in oft gewaltigen Dimensionen für ihre Tempelbauten, Grabmäler, Obelisken u. dergl. bearbeiteten, schliffen und polierten. Dabei kamen auch bereits mit Diamanten besetzte Sägeblätter und Kernbohrer zur Anwendung. Auch das Zersägen von Steinen bezw. Durchschleifen mit Metallblättern und hartem Sand ist schon im Altertum bekannt gewesen. Schon beim Bau des Tempels von Salomo um 1000 v. Chr. sollen gesägte Steine zur Verwendung gekommen sein, welche von Tyrus her geliefert wurden. Es wäre dies ein Beweis dafür, dass schon die Phönizier als Träger altorientalischer Kultur den Gebrauch der Steinsägen kennen gelernt hatten. Die Erfindung des Zerschneidens von Marmor in Platten wird von Plinius allerdings den Cariern zugeschrieben und von demselben auch schon die Beobachtung vermerkt, dass die eigentliche Schneidwirkung nicht den Metallblättern, sondern dem Sand zufalle. Jene Steinsägen wurden wie alle anderen Werkzeuge von Hand bewegt, und bis heute ist die Steinbearbeitung in der Hauptsache Handarbeit geblieben. Maschinenarbeit wird noch relativ wenig benutzt im Vergleich mit der weitgehenden Anwendung von Maschinen bei der Bearbeitung von Holz und

Metall, doch zwingen die steigenden Löhne und das Nachlassen der Handfertigkeit, andererseits die zunehmende Verwendung von bearbeiteten Steinen im Bauwesen, sowie die besseren Transportverhältnisse und damit der stärkere Wettbewerb mehr zur Einführung von Bearbeitungsmaschinen. Auch die sich jetzt immer mehr vollziehende Ausgestaltung der Steinbearbeitungswerkstätten zu Großbetrieben in Händen von Gesellschaften erleichtert die Aufstellung teurer Maschinen. Die weitestgehende Verbreitung haben bisher die Sägemaschinen namentlich für Plattenherstellung gefunden, daneben dann die Maschinen zur Gewinnung von Steinschlag. Von den Maschinen für Flächenbearbeitung haben sich bisher nur die Schleifmaschinen und Poliermaschinen erfolgreich eingeführt. Weiteres über die Entwicklung der Steinbearbeitungsmaschinen siehe im § 14.

Die hauptsächlichsten Handwerkzeuge haben sich in ihrer Form im Laufe der Zeit wenig geändert; so gleichen z. B. die von den Römerzeiten her erhaltenen Werkzeuge unseren heutigen fast vollkommen, ebenso wie die auf altägyptischen Bildern erkennbaren.

Wissenschaftliche Untersuchungen auf dem Gebiete der Steinbearbeitung sind leider bisher nicht erfolgt; auch mit der Bekanntgabe der Konstruktion der Maschinen oder besonderer Arbeitsverfahren ist man sehr zurückhaltend gewesen. Infolgedessen fehlt bisher auch eine gesunde, auf neue Anschauungen, Verfahren und Bauarten führende Kritik, welche sich auf anderen Gebieten, wie dem des Dampfmaschinenbaues, dem Turbinenbau oder Werkzeugmaschinenbau nur fördernd erwiesen hat.

## I. Zerteilen der Steine.

**§ 1. Zerteilen durch Spalten, Zerschroten, Abbohren, Sägen.** Um für die Ausarbeitung von Bausteinen passende Stücke zu erhalten, muss meistens ein Zerteilen der größeren aus dem Bruch kommenden Blöcke stattfinden. Nur in wenigen Fällen kann dies durch einfaches Spalten erfolgen, wie z. B. bei Schiefer, der vielfach eine so hohe Spaltbarkeit aufweist, dass mit Hilfe einfacher, dünner, bis 0,5 m langer Spaltmesser, siehe Fig. 1 u. 2, und flacher Keile gleichmäßige Platten abgetrennt werden können. Der Schieferblock wird hierzu so aufgestellt, dass die Spaltfläche annähernd lotrecht zu liegen kommt. Das Spalteisen wird an der Spaltstelle zunächst mit einem Hammer oder Holzschlägel etwas (zirka 30 mm) eingetrieben und dann die Spaltung durch Biegen und Nachschieben des Spalteisens fortgeführt. Bei Dachschieferplatten erfahren die Spaltflächen keine weitere Bearbeitung; dagegen werden Schieferplatten für Wandbekleidungen, Heizkörperabdeckungen u. dergl. noch gehobelt und geschliffen.

Ist keine ausgeprägte Spaltbarkeit vorhanden, so muss das Zerteilen durch Zerschroten, Abbohren oder Sägen erfolgen.

Bei dem Zerschroten oder Keilsprengen werden zunächst in den Trennungslinien mit dem Zweispitz oder bei hartem Gestein mit dem Spitzeisen, siehe § 13, Schlitzte, sogenannte Schrote eingearbeitet. Je nach der Größe der Sprengfläche und dem Steinmaterial sind dieselben 3 bis 6 cm tief und oben 2 bis 5 cm breit. Vielfach werden bei harten Steinen an Stelle der Schrote auch nur einzelne Keillöcher eingearbeitet.

Fig. 1 u. 2.

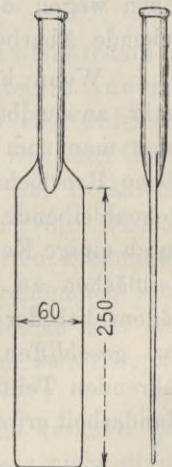
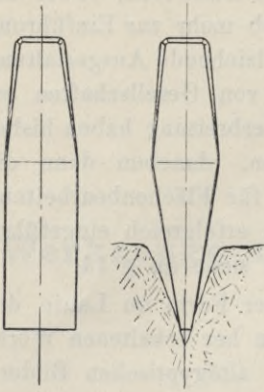


Fig. 3 u. 4.



In die Anschrotungen werden dann in geringer Entfernung voneinander, deren Größe jedoch von der Art des Gesteins abhängt, Stahlkeile, siehe Fig. 3 u. 4, eingesetzt und mit einem Schlägel oder Keilhammer (mit einer Schlag- und einer Spaltseite) gleichmäßig angezogen, bis der Stein spaltet. Die Schrote sollen, damit ein sicheres Spalten erfolgt, unten möglichst scharf zulaufen und die Keile möglichst tief anliegen, da ein Anliegen an den oberen Kanten nur ein Ausbrechen derselben veranlasst. Der ganze Vorgang ist derselbe wie bei der sogenannten Keilarbeit in den Steinbrüchen. Bei dem Ansetzen der Schrote ist natürlich auf die Neigung des Steines, in bestimmten Richtungen zu spalten, Rücksicht zu nehmen, da der Bruch gern auf solche natürlichen Spaltflächen überspringt.

Zuweilen werden zwischen die Keile und den Stein noch gefaltete Blechstreifen gelegt oder hartes Holz in den Schlitz getrieben und in dieses dann die Stahlkeile, in der Absicht, eine bessere Verteilung des Druckes auf das Gestein oder ein leichteres Eintreiben der Keile zu erreichen (Keilsprengen mit Blech- oder Holzsatz).

Früher verwendete man vielfach an Stelle der Stahlkeile in runde oder rechteckige Löcher eingetriebene Pflöcke aus trockenem Weidenholz, die durch Aufgießen von heißem Wasser zum Quellen gebracht wurden und den Stein sprengten (Pflöcksetzen).

Wo Bohrmaschinen zur Verfügung stehen, bohrt man auch an Stelle der Schrote in der gewollten Bruchebene eine Anzahl ungefähr 7 bis 10 cm tiefe Löcher. Dieselben werden besetzt mit zwei halbzylindrischen Eisen, welche durch einen schlanken Stahlkeil auseinandergetrieben werden (Sprengen mit Rundkeilen). Die sich ergebenden Sprungflächen sind nie so glatt wie bei Flachkeilen und Schroten und erfordern auch schon wegen der halb auf der Sprungfläche stehenbleibenden Bohrlöcher eine weitergehende Abarbeitung.

Wenn beim Abtrennen von Platten das Keilsetzen wegen Bruchgefahr nicht mehr anwendbar ist oder Spaltneigung des Steines die Sprungfläche unsicher macht, muss man zum Abbohren oder Absägen greifen. Bei ersterem werden in der Teilenebene Bohrlöcher mit möglichst geringem Abstand hergestellt, das zwischen denselben stehenbleibende Material zum Teil noch weggeschlagen und dann die völlige Teilung durch einige Keile bewirkt. Bei dem Absägen hat man den großen Vorteil, sehr saubere Teilflächen zu erhalten. Dies ist auch der Grund der weitgehenden Anwendung des Sägens bei der Formgebung harter Steine. Die gesägten Flächen können nämlich sofort geschliffen und poliert werden, während die vom Schroten oder Abbohren herrührenden Teilflächen erst gespitzt und gestockt werden müssen, also noch recht viel Handarbeit erfordern. Näheres über das Steinsägen bringen die folgenden Paragraphen.

**§ 2. Allgemeines über Steinsägen.** Bei den Steinsägen leistet das Sägeblatt selten selbst die eigentliche Zerteilungsarbeit; nur die weichsten Gesteine wie Alabaster, Schiefer und gewisse Kalksteine in grubenfeuchtem Zustande können mit gezahnten Stahlsägeblättern gesägt werden. Bei härterem Steinmaterial werden in die Sägeblätter Diamanten eingesetzt oder ein Karborundbelag aufgebracht; meist aber wird loses, hartes Material zwischen das Sägeblatt und den Stein in entsprechender Weise ein-



geführt, und zwar werden als Sägemittel benutzt: scharfkantiger Quarzsand, Schmirgel, Karborund und Stahlsand, d. h. kleine Hartgusskörner. Karborund und Schmirgel werden allerdings ihres Preises halber seltener in loser Form wie Quarzsand oder Stahlsand benutzt, dagegen nimmt ihre Anwendung in Scheibenform zu, namentlich zum Zerschneiden von Platten und Profilschleifen. Um die Schneidscheiben in den Werkstätten selbst herstellen zu können, nimmt man vielfach Magnesitbindung, d. h. der Karborund oder Schmirgel wird mit gebranntem Dolomit gemischt und mit Chlormagnesiumlauge in ausgeprobtem Verhältnis verrührt. Der entstehende, dünne Brei wird in entsprechende Formen eingegossen, wo er bald fest wird. Zur Versteifung oder leichteren Befestigung der Scheibe auf der Sägewelle werden auch Einlagen von durchlochtem Eisenscheiben gemacht; D. R. P. Bei ganz dünnen Schneidscheiben wird nur ein ringförmiger Schleifkranz am Umfang einer Eisenscheibe aufgebracht. Um genügendes Festhalten des Karborundes zu erzielen, nimmt man alsdann Kautschuk als Bindemittel, der vulkanisiert wird, um ihm die Klebrigkeit zu nehmen.

Der erwähnte Stahlsand findet in erster Linie Anwendung beim Sägen von Hartgesteinen und auch beim Schleifen derselben. Er kommt in den Handel als kantiger oder kugliger Sand in acht Größen von 0,25 bis 2,5 mm Durchmesser. Die Herstellung erfolgt durch Zerstäuben von flüssigem, hoch manganhaltigem Roheisen mittels Dampfstrahl, D. R. P. 79993, oder durch Auflaufen des flüssigen Eisens auf eine horizontale rotierende Scheibe, von der es fein zerteilt in Wasser abgeschleudert wird; D. R. P. 116798. Größere Eisenkörner werden abgesiebt und zu kantigem Sand verarbeitet durch Zerkleinern auf Pochwerken.

Bezüglich der Diamanten ist oben erwähnt worden, dass dieselben bereits vor rund 4000 Jahren von den Ägyptern in Steinsägen und Bohrer eingesetzt wurden; siehe Flinders Petrie, *The pyramids and temples of Gizeh*, London 1868. In der Tiefbohrtechnik wurden Diamantbohrer 1864 eingeführt, und auf die hier erzielten, großen Erfolge hin hat man dann auch Diamantwerkzeuge bei der Steinbearbeitung versucht. Ihre Bedeutung nimmt stetig zu, seitdem es möglich gemacht ist, auch kleine Diamanten genügend fest gegen Druck und Stoß zu fassen.

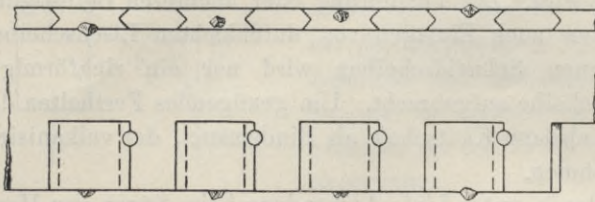
Zur Anwendung kommen weiße und schwarze Diamanten. Erstere sind kristallinisch, neigen zum Spalten und Absplittern und können nur bei weichen Gesteinen Anwendung finden. Die schwarzen Diamanten (Karbons) sind amorph, deswegen viel widerstandsfähiger gegen Stoß und Druck und werden selbst zum Bearbeiten der härtesten Gesteine benutzt. Leider sind die Preise derselben, da die Fundstätten sich auf Brasilien beschränken, sehr hoch; das Karat kostet über 300 M. Eine Abnutzung der Diamanten durch Absplittern kleinster Teilchen tritt immer ein, namentlich bei hartem Steinmaterial. Es muss deshalb von Zeit zu Zeit ein Umfassen der Diamanten vorgenommen werden, damit wieder scharfe Kanten zum Arbeiten kommen, andernfalls findet an dem stumpf gewordenen Stein eine zu starke Reibung und Erhitzung statt, welche zum Zersplittern desselben führen kann.

Damit während des Arbeitens keine Diamanten ausbrechen und verloren gehen, muss ihre Fassung mit größter Sorgfalt erfolgen. Sie werden meistens nicht direkt in das Sägeblatt oder andere Werkzeuge eingelassen, sondern in kleine Stahlstückchen, sogenannte Disken gefasst, die sich leicht einsetzen und auswechseln lassen. Früher wurden die Steine mit Lotmetall in kleinen Bohrungen oder Ausmeißelungen befestigt. Viel besseren Halt der Steine erzielt man dadurch, dass man sie in eine ausgemeißelte Grube setzt und das seitliche Stahlmaterial an den Stein heranstemmt. Diese viel be-

nutzte Art der Fassung wird noch übertroffen durch das neueste Verfahren, D. R. P. 114210, bei welchem der Diamant in einen Spalt eines glühenden Stahlstückes eingelegt und durch Zusammenpressen des Spaltes vollständig fest von Stahl umgeben wird. Durch entsprechendes Abfeilen des Stahles kommt dann die schneidende Kante zum Vorschein.

Damit bei einer Säge oder einem Bohrwerkzeug die Diamanten auf der ganzen Arbeitsfläche angreifen, müssen dieselben in den Disken an verschiedenen Stellen eingelassen und diese selbst richtig verteilt werden. Fig. 5 u. 6 zeigt als Beispiel ein

Fig. 5 u. 6.



Stück eines Sägeblattes, bei welchem auf 1 m Länge ungefähr 25 bis 30 Disken eingesetzt werden. Die gleiche Zahl kommt auf 1 m Umfang eines Kreissägeblattes.

Zum Festhalten der Disken dienen kleine Kupferniete.

Für die Haltbarkeit der Befestigung der Steine und das richtige Schneiden derselben ist es sehr von Einfluss, ob der Stein beim Arbeiten nur in einer oder wechselnder Richtung beansprucht wird. Letzteres lockert den Stein viel leichter und tritt ein bei Gattersägen, während bei Drehmeißeln, Bohrkronen und Kreissägeblättern die günstigere Beanspruchung in nur einer Richtung eintritt.

Die Schnittgeschwindigkeiten können bei Diamanten sehr hoch genommen werden, z. B. bei Kreissägen bis 40 m in der Sekunde. Bei Gattersägen wird die Schnittgeschwindigkeit mit Rücksicht auf die Beschleunigungskräfte in den hin und her gehenden Massen nur bis 2 m in der Sekunde genommen. Selbst bei diesen geringen Geschwindigkeiten tritt aber oft ein höchst unangenehmes Kreischen der Säge ein.

**§ 3. Wirkungsweise der Steinsägen.** Man muss hierbei unterscheiden zwischen einem Durchschneiden bzw. Durchschleifen der Steinpartikel, einem Losreißen der Steinkörnchen aus ihrem Bindemittel und einem Zertrümmern des Steinmaterials durch starken Druck. Meist treten diese verschiedenen Vorgänge mehr oder weniger gleichzeitig auf.

Die erste Arbeitsweise finden wir an Sägen, bei welchen das Sägeblatt oder das beigegebene Sägemittel härter ist als das Steinmaterial, also bei gezähnten Stahlsägeblättern in weichsten Gesteinen, dann bei Diamantsägen oder solchen mit Karborundbelag, ferner bei Sägen mit losem Quarzsand, Schmirgel oder Karborund. Dass in letzterem Falle das weichere Sägeblatt nicht schneller abgeschliffen wird als die Steinfuge, liegt daran, dass das Sägemittel sich in die relativ weiche Säge einpresst und festsetzt. Es verliert damit seine Relativbewegung gegen die Säge und so die Schleifwirkung auf dieselbe. Die gleiche Erscheinung hat man beim Schleifen von Edelsteinen auf weichen Gusseisen- oder Bronzescheiben, in welche sich auch das zum Schleifen benutzte Diamantpulver festsetzt. Hier ist auch der Grund zu suchen, warum das Sägen von porösem Gestein, wie z. B. Basaltlava, Schwierigkeiten macht. Der Sägesand setzt sich nämlich in den Poren des Gesteines fest und schleift dann das Sägeblatt oder Sägeseil schnell ab.

Den Vorgang des Losreißen von Steinkörnchen haben wir besonders beim Sägen von Sandsteinen. Schon der Umstand, dass dieselben meistens leicht mit Quarzsand gesägt werden können, also mit einem Material, das gleiche Härte wie der Haupt-

bestandteil des Steines hat, deutet darauf hin, dass hier ein schneidend wirkender Angriff nur in geringem Maße vorhanden sein kann. Weggeschliffen wird nur das weichere Bindemittel, die Sandsteinkörner werden dagegen aus dem Bindemittel herausgerissen. Unterstützt wird dies durch die Pendelbewegung des Sägerahmens; siehe auch unten. Dieselbe bewirkt, dass sich die Sägen ungefähr in der Mitte des Hubes mit kräftigem Stoß auf den Stein aufsetzen, was günstig auf das Lostrennen der Steinkörnchen wirkt.

Ein Zertrümmern des Steinmaterials findet besonders bei Anwendung von Hartgusskugelchen als Sägemittel statt. Das ganze Rahmengewicht lastet hier auf den kleinen Kugelchen, wodurch sich zwischen diesen und dem Stein hohe spezifische Pressungen ergeben, welche die Druckfestigkeit des Steinmaterials überschreiten und ein Zertrümmern desselben und Lockern des Gefüges zur Folge haben. Durch die Pendelbewegung des Rahmens und die daraus sich ergebende Stoßwirkung wird das Zerdrücken gefördert, außerdem kann durch Anwendung der Schraubensenkung, siehe § 8, der Druck auf die Kugelchen erhöht werden.

Das losgeschlagene oder zertrümmerte Gestein wird aus der Schnittfuge durch Wasser ausgespült, welches auch die ziemlich beträchtliche Reibungswärme abführt. Das zulaufende Wasser bringt gleichzeitig neuen Sägesand an die Schnittstelle und führt auch den verbrauchten, d. h. zerriebenen Sand ab. Von der richtigen und gleichmäßigen Zuteilung des Sandes ist die Leistung der Sägen sehr abhängig. Zu viel Sand verursacht Klemmen der Sägen und hohen Kraftverbrauch, zu wenig Sand ergibt ungenügende Leistung. Daher hat man besondere Aufgabeeinrichtungen für Sand und Wasser, siehe § 9.

**§ 4. Einteilung der Sägen.** In den meisten Fällen arbeitet man mit Spannsägen und zwar mit hin und her gehenden Sägen, den Rahmen- oder Gattersägen, oder mit endlosen und in einer Richtung laufenden Sägebändern bzw. -Seilen bei den Bandsägen und Seilsägen. Um einen geraden Schnitt zu erhalten, müssen die Sägen möglichst steif sein, da man aber andererseits die Stärke möglichst beschränken wird, um mit schmalen Schnittfugen und geringem Arbeitsaufwand auszukommen, so gibt man den Sägen durch Zugspannung entsprechende Steifigkeit.

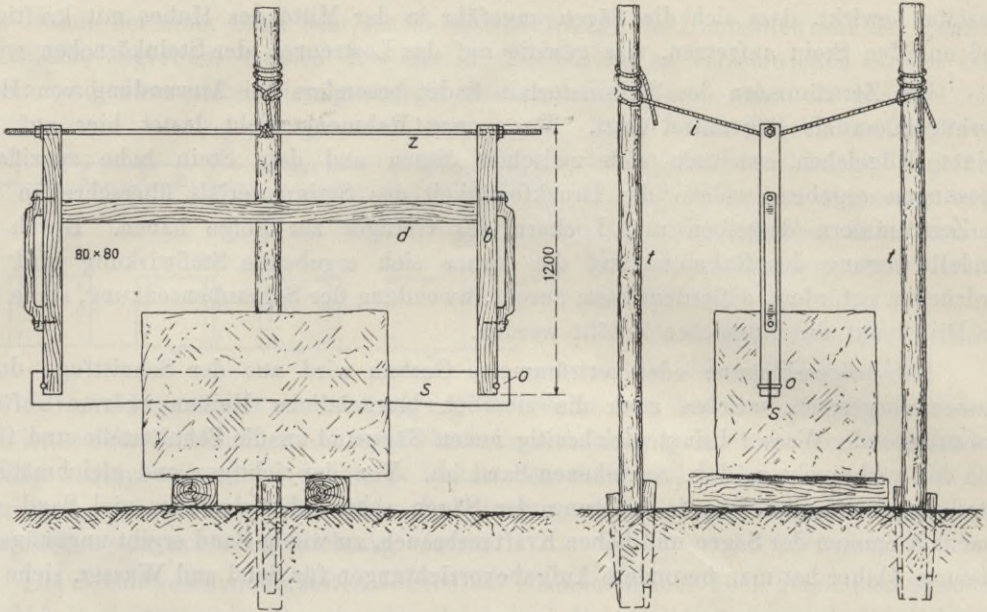
Sägen, bei denen das Sägeblatt in sich steif genug ist, um einen geraden Schnitt zu sichern, sogenannte Steifsägen, kommen nur als Kreissägen in Anwendung mit Diamantbesatz oder Belag von Karborund.

Handsägen, d. h. von dem Arbeiter bewegte Sägen, wurden bis vor einigen Jahrzehnten allgemein benutzt, sind dagegen heute nur noch selten und zwar in Steinbruchbetrieben zu finden, wo besondere Verhältnisse dazu führen, die alten Arbeitsweisen ganz oder zum Teil zu belassen, wie z. B. in den Brüchen von Carrara. Auch die nicht mit Steinsägemaschinen ausgerüsteten Steinmetzwerkstätten benutzen die Handsägen immer seltener, da sie meist in großen Schneidewerken die gewünschten Stein-schnitte billiger ausgeführt erhalten.

Fig. 7 u. 8 gibt nun eine einfache Handsäge wieder. Wie ersichtlich, hängt der Sägerahmen an einem an zwei Stangen  $t$  befestigten Seil  $i$  und wird von zwei Arbeitern hin und her bewegt mit einem Hub von rund 400 mm. Die Bauart des Rahmens ist den bei Holzsägen üblichen entlehnt. Das Sägeblatt ist mit zwei Querstiften  $o$  an den Bügeln  $b$  gehalten. Entsprechend der Breite des Steines und der Länge des Sägeblattes wird die Druckstütze  $d$  zugeschnitten. Um die Zugstange  $z$  wird das Halteseil gewunden, dessen Befestigung an den Stangen  $t$  mit tiefer werdendem Schnitt heruntergeschoben wird, oder das Seil geht durch besondere Seilschlingen

an den Stangen und wird an den herabhängenden Enden so belastet, dass der Rahmen noch das Übergewicht hat und mit fortschreitendem Schnitt selbsttätig tiefer sinkt.

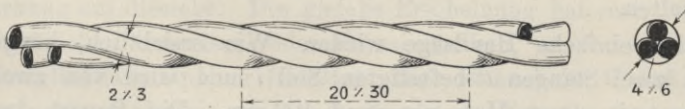
Fig. 7 u. 8.



**§ 5. Seilsägen.** Dieselben arbeiten mit einem endlosen, gespannten und in einer Richtung laufenden Drahtseil, welches mit Hilfe entsprechender Schleifmittel die Schnittfuge einschleift. Sie finden vorteilhafte Verwendung beim Zerteilen größerer Blöcke in den Brüchen oder auch beim Absägen von Blöcken vom Gesteinsmassiv, also überall dorten, wo andere Sägen versagen wegen der Blockabmessungen und der Schwierigkeit, die Säge aufzustellen. Mit Seilsägen lassen sich nämlich Schnitthöhen von 4 m und Schnittlängen bis 25 m in Marmor noch ohne besondere Schwierigkeiten erreichen; dazu werden sie leicht und zerlegbar gebaut und sind schnell an beliebiger Stelle aufzubauen. Allerdings können keine hohen Anforderungen an die Genauigkeit der Schnittfläche gestellt werden, da das Seil leicht durch ungleiche Härte im Steinmaterial oder andere Ursachen aus der Schnittebene gedrängt wird und auch, wenn es länger an derselben Stelle arbeitet, die Schnittfuge sich breiter ausschleift.

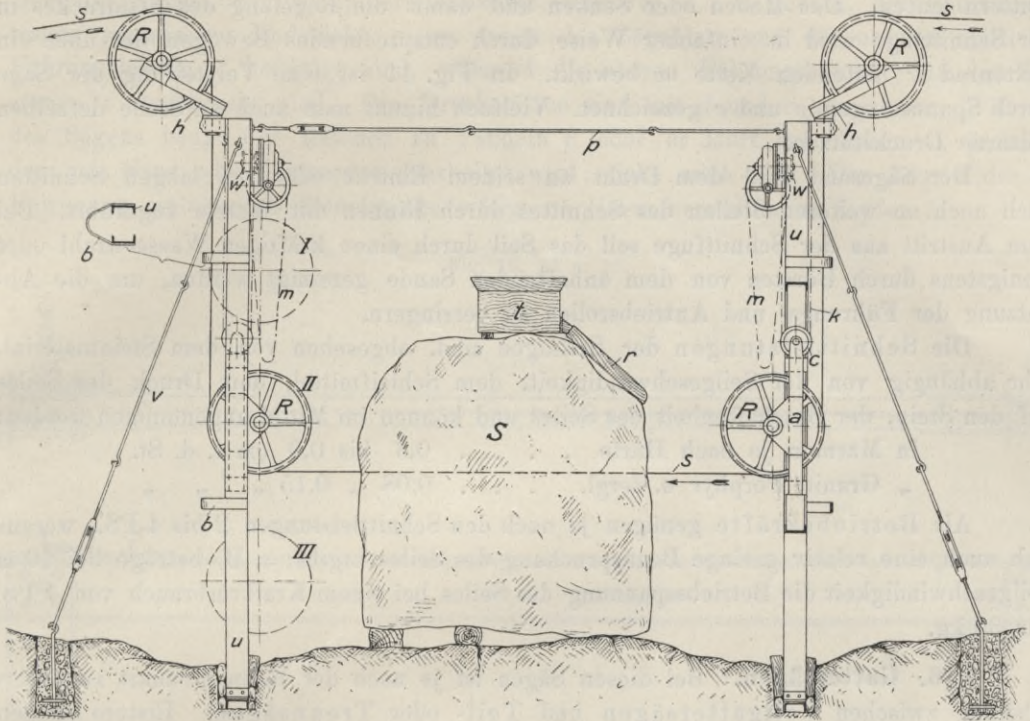
Das arbeitende Drahtseil von meist 4 bis 6 mm Durchmesser ist gewöhnlich dreidrähtig, wie Fig. 9 u. 10 zeigt, mit einer Bruchfestigkeit von 125 bis 150 kg auf 1 qmm.

Fig. 9 u. 10.



Die Seilenden werden auf 3 bis 5 m verspleißt. Der Drall muss stark sein, d. h. die Steigung nicht über 30 mm, da sonst der Sägesand nicht genügend festgehalten wird und eine stärkere Seilabnutzung erfolgt. Die Seillänge wird gern möglichst groß genommen, bis 500 m und mehr, damit es länger dauert, bis das Seil soweit abgenutzt ist, dass ein neues aufgelegt werden muss, was Arbeit und Zeitverlust bedeutet. Seine Bewegung erhält das Seil von einer Seilscheibe, und zwar nimmt man die Laufgeschwindigkeit 5 bis 10 m in der Sekunde. Besondere

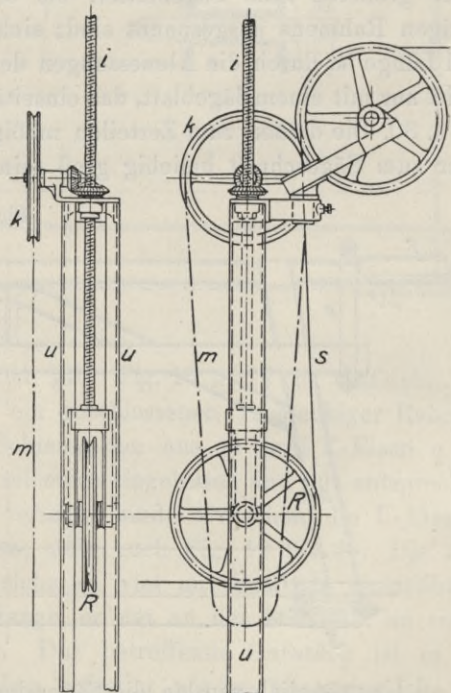
Fig. 11.



Spannwagen, d. h. flache, belastete Wagen auf einer schiefen Ebene im zur Sägestelle laufenden Seiltrum sorgen für das Gespannthalten.

Die eigentliche Sägevorrichtung ist in Fig. 11 dargestellt für eine Schnitthöhe von rund 2 m. Das Sägeseil *s* läuft über vier Führungsrollen *R* mit rund 700 mm Durchmesser, von denen die oberen auf drehbaren Auslegern *h* sitzen, um sich der Seilrichtung entsprechend einstellen zu können. Die unteren Führungsrollen laufen in auf und ab beweglichen Schlitten *a*, die ihre Führung an den E-Eisen *u* der Ständer finden. Eine um die Rolle *c* und die Windentrommel *w* laufende Kette *k* hält den Schlitten *a* und ermöglicht ein leichtes Heben und Senken desselben. Die Handkette des kleinen Windwerkes ist mit *m* bezeichnet. Der Druck des Drahtes auf den Stein muss der Schnittlänge und Härte des Steines entsprechend regelbar sein, weshalb der Schlitten *a* noch durch Gewichte belastet werden kann. An Stelle dieser Gewichtssenkung verwendet man auch mit bestem Erfolge Schraubensenkung,

Fig. 12 u. 13.



wie sie Fig. 12 u. 13 darstellt. Der sich an den Ständern *u* führende Schlitten mit den

Seilrollen hängt alsdann an langen Schraubenspindeln *i*, die durch drehbare Schraubennuttern laufen. Das Heben oder Senken und damit die Regelung des Seildruckes in der Schnittfuge wird in einfacher Weise durch entsprechendes Bewegen der über ein Kettenrad *k* laufenden Kette *m* bewirkt. In Fig. 11 ist eine Versteifung der Säge durch Spannstangen *p* und *v* gezeichnet. Vielfach nimmt man auch an Stelle derselben hölzerne Druckstützen.

Der Sägesand wird dem Draht an seinem Eintritt oder bei langen Schnitten auch noch an weiteren Stellen des Schnittes durch Rinnen mit Wasser zugeführt. Bei dem Austritt aus der Schnittfuge soll das Seil durch einen kräftigen Wasserstrahl oder wenigstens durch Bürsten von dem anhaftenden Sande gereinigt werden, um die Abnutzung der Führungs- und Antriebsrollen zu verringern.

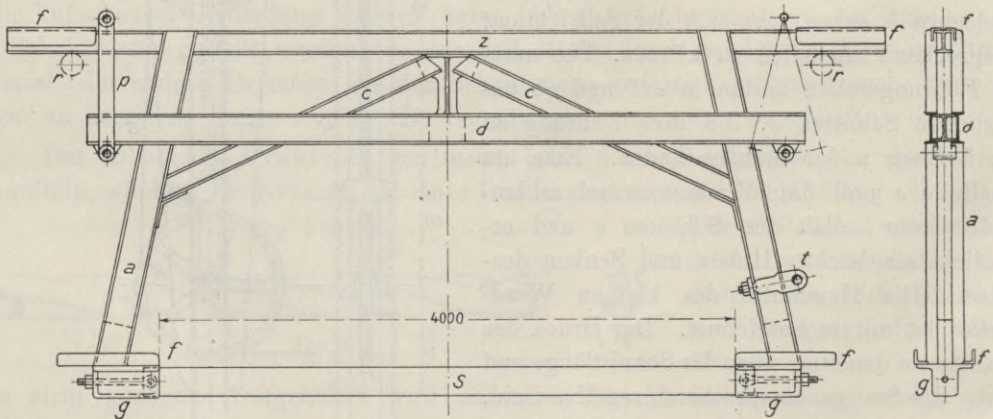
Die Schnittleistungen der Seilsägen sind, abgesehen von dem Steinmaterial, sehr abhängig von der Seilgeschwindigkeit, dem Schleifmittel, dem Druck des Seiles auf den Stein, der Beschaffenheit des Seiles und können im Mittel angenommen werden:

- in Marmor, je nach Härte . . . . 0,3 bis 0,9 qm i. d. St.
- „ Granit, Porphyr u. dergl. . . . 0,08 „ 0,15 „ „ „

Als Betriebskräfte genügen je nach den Schnittleistungen 2 bis 4 PS., woraus sich auch eine relativ geringe Beanspruchung des Seiles ergibt; z. B. betrage bei 10 m Seilgeschwindigkeit die Betriebsspannung des Seiles bei einem Kraftverbrauch von 4 PS. nur 30 kg.

**§ 6. Gattersägen.** Bei diesen Sägen ist je nach der Rahmenbauart zu unterscheiden zwischen Vollgattersägen und Teil- oder Trennsägen. Erstere dienen hauptsächlich zum Zerteilen der Blöcke in Platten und arbeiten dementsprechend mit einer größeren Zahl Sägeblätter, bis 60 bei Marmorsägen, die innerhalb eines rechteckigen Rahmens ausgespannt sind; siehe Fig. 16, 17, 18 u. 29. Die größte Blockbreite und Länge ist durch die Abmessungen des Sägerahmens begrenzt. Die Teilsägen arbeiten meist nur mit einem Sägeblatt, das einseitig an einem Rahmen befestigt wird; siehe Fig. 14, 15 u. 30. Sie dienen zum Zerteilen mäßig hoher Blöcke oder Platten, deren Abmessungen quer zum Sägeschnitt beliebig groß sein können.

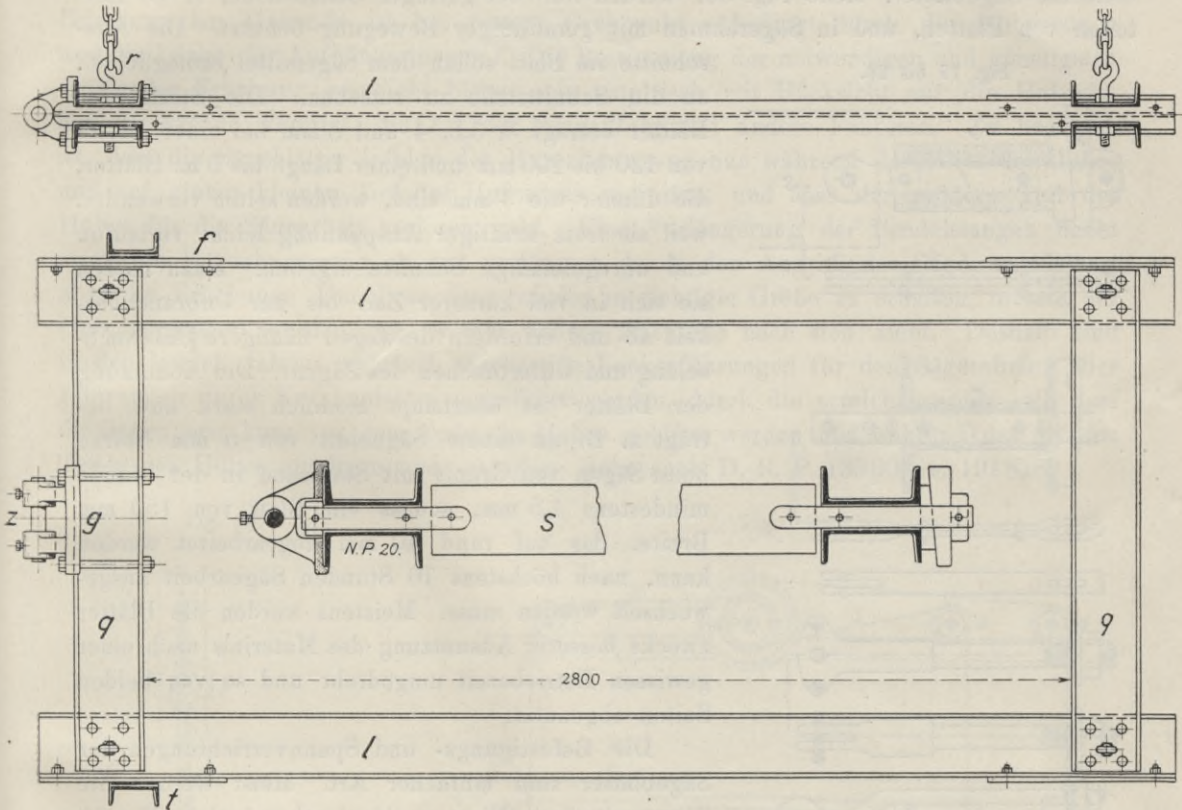
Fig. 14 u. 15.



Ursprünglich wurden die Sägerahmen aus Holz gebaut, später aus Gusseisen, jetzt dagegen fast stets aus Walzeisen. Dabei richtet sich die Stärke der Bauart nach dem zu sägenden Gestein, der Länge der Sägeblätter und deren Zahl.

Als Beispiel für den Aufbau eines großen Trenngatterrahmens diene Fig. 14 u. 15. Derselbe ist nach dem Prinzip der Handsägen, siehe Fig. 7 u. 8, gebaut. Kräftige Bügel  $a$  tragen gusseiserne Endstücke  $g$ , an denen das Sägeblatt und die unteren seitlichen Führungsleisten  $f$  befestigt sind, während die oberen Führungsstücke  $f$  an der Zugstange  $z$  angebracht sind. Die Druckstützen sind mit  $d$  und  $e$  bezeichnet. Während des Sägens hängt der Rahmen an Pendeln  $p$  oder er läuft auf Rollen  $r$ , je nachdem mit Sand oder Diamanten gearbeitet wird; siehe auch § 8. Der Angriff der die Bewegung einleitenden Pleuelstange erfolgt an einem verstellbaren Zapfen  $t$ .

Fig. 16, 17 u. 18.

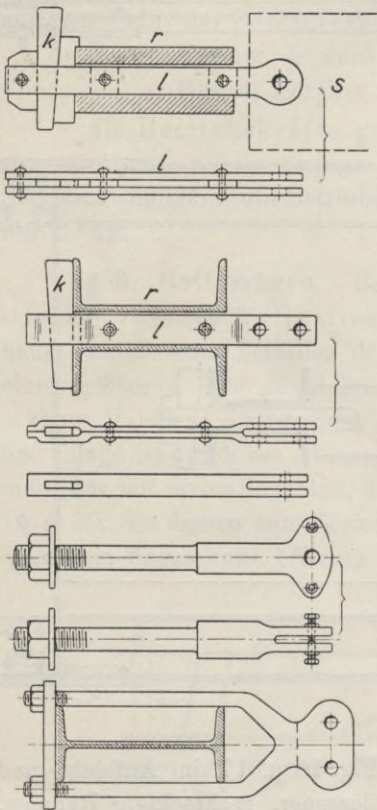


Einen Rahmen für ein kleines Vollgatter gibt Fig. 16 u. 17 in Aufsicht und Längsschnitt wieder. Wie ersichtlich, ist es ein geschlossener, rechteckiger Rahmen, dessen Langseiten aus I-Eisen  $l$  und dessen Schmalseiten aus je zwei C-Eisen  $g$  gebildet werden, die in die Flansche der I-Eisen teilweise eingelassen und mit entsprechenden Zwischenlagen mit dem Steg der I-Eisen vernietet sind. Zwischen die C-Eisen  $g$  können dann die Sägeangeln eingesteckt werden; siehe auch Fig. 19 bis 26. Die Aufhängung des Rahmens erfolgt mit Ketten, welche an vier mit Gewinde einstellbaren Haken  $r$  angreifen. Der Angriff der Pleuelstange erfolgt an der Stirnseite an einem in kräftigem Gußstück  $g$  sitzenden Zapfen  $z$ . Das betreffende Gußstück ist so geformt, dass innerhalb desselben noch Sägelaschen befestigt werden können; siehe besonders Fig. 18. Zur seitlichen Führung des Rahmens dienen vier an den Enden mit versenkten Schrauben befestigte Gleitbleche  $f$ .

Da die Sägeblätter mit Hilfe der Keile in den Angeln starke Spannung erfahren, so erhalten die Längsträger  $l$  bei größerer Sägenzahl recht bedeutende Druckspannung. Sie müssen gegen Ausknicken genügend stark sein und werden daher neuerdings vielfach aus Breitflanschträgern hergestellt, sonst wohl auch aus zwei vereinigten C-Eisen oder I-Eisen, oder in Rohrform direkt aus starkem Rohr oder aus zusammengenieteten Quadranteisen.

§ 7. Sägeblätter für Gattersägen. Sofern nicht Stahlbänder mit eingesetzten Diamantdisken verwendet werden, sind die Sägeblätter einfache, dünne Bänder aus weichem oder hartem Flusseisen, je nachdem mit Quarzsand oder Stahlsand gesägt wird. Gelochte Sägeblätter, siehe Fig. 30, werden nur bei geringer Schnitthöhe, z. B. Zerteilen von Platten, und in Sägerahmen mit geradliniger Bewegung benutzt. Die Aus-

Fig. 19 bis 26.



schnitte im Blatt sollen dem Sägemittel ermöglichen, an die Schnittstelle zu rutschen. Die Stärke der Blätter beträgt 3, 3,5, 4 und 5 mm bei einer Breite von 120 bis 200 mm und einer Länge bis 5 m. Blätter, die dünner wie 3 mm sind, werden selten verwendet, weil sie trotz kräftiger Anspannung leicht verlaufen und unregelmäßige Schnitte ergeben. Dazu nutzen sie sich in viel kürzerer Zeit bis zur Unbrauchbarkeit ab und erfordern deswegen häufigere Auswech-selung und Unterbrechen des Sägens. Die Abnutzung der Blätter ist überhaupt ziemlich stark und be-trägt z. B. an einem Sägeblatt von 5 mm Stärke beim Sägen von Granit mit Stahlsand in der Stunde mindestens 1,5 mm, sodass ein Blatt von 150 mm Breite, das auf rund 40 mm abgearbeitet werden kann, nach höchstens 70 Stunden Sägearbeit ausge-wechselt werden muss. Meistens werden die Blätter zwecks besserer Ausnutzung des Materials nach einer gewissen Betriebszeit umgedreht und so von beiden Seiten abgenutzt.

Die Befestigungs- und Spannvorrichtungen der Sägeblätter sind einfacher Art. Meist werden die Sägen mit einem Niete an Sägelaschen  $l$ , siehe Fig. 19 bis 26, befestigt, welche aus starkem Flacheisen zusammengesetzt, Fig. 19, 20, 21, 22 u. 18, oder aus Vierkanteisen ausgearbeitet werden, Fig. 23, und durch die Querbalken  $r$  des Sägerahmens, die sogenannten Gatterriegel, hindurchgehen oder dieselben umfassen; Fig. 26. Die Anspannung erfolgt bei Trenngattersägen vielfach durch Schrauben, Fig. 24 u. 25, seltener bei Vollgattern, zumal hier beim Plattenschneiden die Sägen oft so dicht aneinanderrücken, dass kein Platz für die Schraubenschlüssel bleibt. Deshalb wird hier meist Anspannung durch Keile gewählt. Bei dem Sägen ganz dünner Platten können die Sägeblätter nicht mehr einzeln mit einer besonderen Lasche angespannt werden, sondern es müssen mehrere mit entsprechenden Zwischenlagen in eine breitere Lasche eingesetzt werden.



§ 8. Aufhängung und Bewegung der Gattersägerahmen. Eine geradlinig hin und her gehende Bewegung gibt man den Sägerahmen nur bei Diamantsägen und gelochten Sägeblättern; siehe auch § 6 u. 9. Alle anderen Sägen müssen eine Schaukelbewegung erhalten, derart, dass sich die Sägen gegen die Hubenden hin von dem Stein abheben, damit stets neuer Sägesand an die Schnittstelle rutschen kann. Es wird dies erreicht durch Aufhängen der Sägerahmen an entsprechenden Pendelstangen, Seilen oder Ketten, siehe Fig. 27 bis 31, und Antrieb durch ein Kurbelgetriebe. Gegen seitliche Bewegungen werden besondere Führungen angeordnet. Der Hub beträgt gewöhnlich 400 bis 800 mm bei einer Hubzahl von 75 bis 90 in der Minute, entsprechend einer mittleren Geschwindigkeit von 1,5 bis 2 m in der Sekunde. Die Größe  $e$  der Erhebung am Hubende ist bei festem Drehpunkt  $o$  bedingt durch die Hubgröße  $h$  und die Länge der Aufhängestangen  $l$ . Die Bestimmung der notwendigen und günstigsten Größe der Erhebung geschieht bisher rein empirisch mit Rücksicht auf die Hubzahl, das zu sägende Material, die Art der Sandzufuhr und andere Faktoren. Zu beachten ist, dass die Sägeblätter infolge der Bogenbewegung nur während der Mitte des Hubes und auf einem kleinen Teil des Hubweges angreifen, und dass der größere Teil des Hubes für die Sägearbeit verloren geht. Eine Verlängerung der Pendelstangen flacht zwar die Bogenbewegung ab und verlängert damit den Angriff der Säge, verkleinert aber die Erhebung. Um diese dann wieder in richtiger Größe zu erhalten, müsste der Hub vergrößert werden, was wieder andere Nachteile nach sich zieht. Deshalb sind in den letzten Jahren mehrfach eigenartige Lenkerführungen für den Sägerahmen oder Führungen durch Kurvenplatten ausgeführt worden, durch die erreicht werden soll, dass die Sägen erst kurz vor dem Ende des Hubes gelüftet werden und während des größten Teiles des Hubes aufsitzen und schleifen; siehe auch D. R. P. 135606 u. 191818.

Fig. 27.

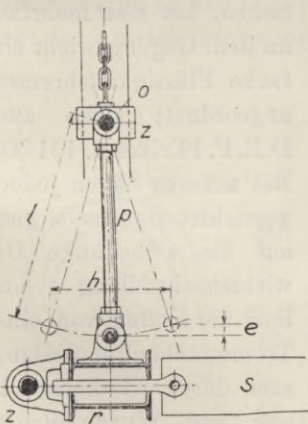
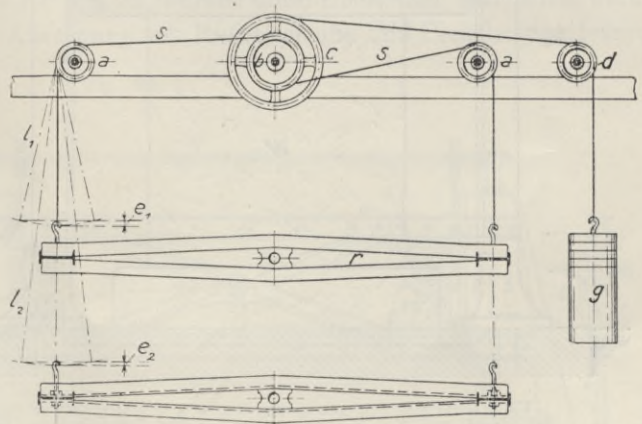


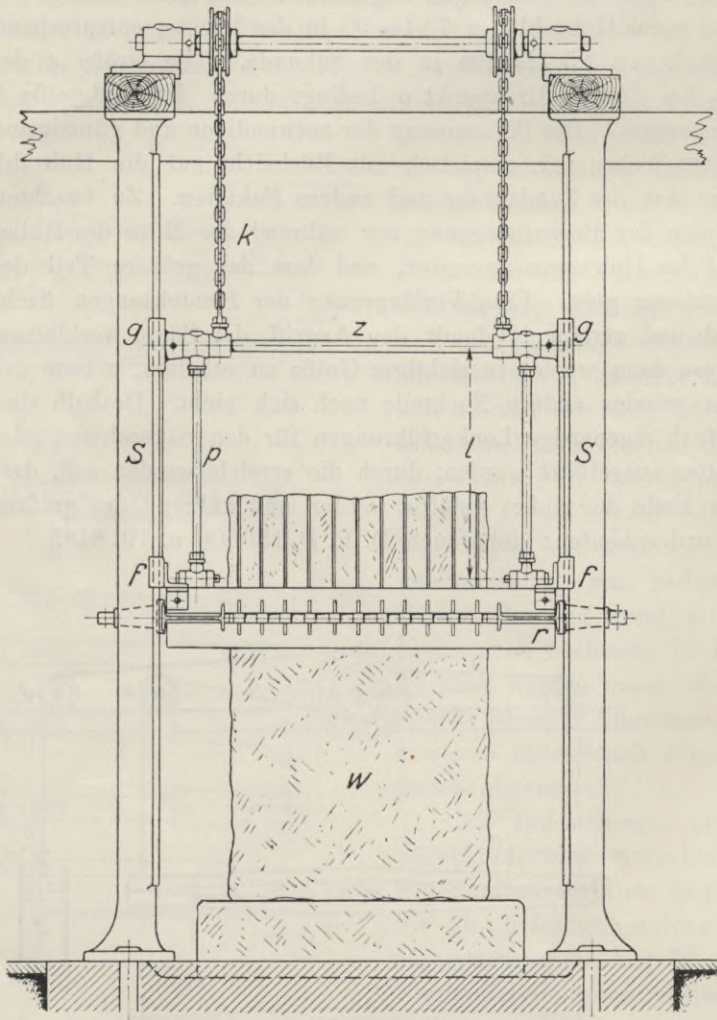
Fig. 28.



Die älteste, billigste und einfachste Rahmenaufhängung erfolgt, siehe Fig. 28 u. 31, mit vier Seilen oder Ketten  $s$ . Um die Seile gespannt zu halten und mit regelbarem Druck der Sägeblätter auf den Stein arbeiten zu können, je nach der Härte des Steines und der Zahl der Sägeblätter, wird ein Gegengewicht  $g$  angeordnet, mit dem ein Teil des Rahmengewichtes ausgeglichen werden kann. Infolge des Übergewichtes des Rahmens heben sich die Sägen bei langsamem Hin- und Herschieben des Rahmens gar nicht von dem Stein ab, und das Gegengewicht hebt und senkt sich entsprechend den Bewegungen

des Rahmens. Erst bei größerer Hubzahl stellt sich ein Lüften der Sägen ein infolge der stärkeren Trägheitswirkung des Gegengewichtes, das jedoch immer noch kleine zuckende Bewegungen macht. Ein weiterer Nachteil der Aufhängung liegt darin, dass mit sinkendem Rahmen die Pendellänge  $l$  wächst und damit die Erhebung  $e$  des Rahmens  $r$  noch kleiner wird. Aus diesem Grunde wird die besprochene direkte Aufhängung nur bei Gattern mit geringer Schnitthöhe benutzt, sonst aber stets eine

Fig. 29.



Aufhängung mit gleichbleibender Pendellänge genommen, siehe Fig. 29, indem man die Ketten  $k$  nicht direkt an dem Sägerahmen, sondern an einem nur senkrecht verschiebbaren Zwischenstück  $z$  angreifen lässt, das sich an den Ständern  $S$  mit Gleitstücken  $g$  führt. Mit diesen verschieben sich gleichzeitig die tiefer liegenden Gleitplatten  $f$ , an denen der Rahmen  $r$  mit zwei Winkeleisen anliegt, um gegen Seitenbewegungen gesichert zu sein.

Um ein noch besseres Abheben der Sägen zu erhalten, hat man mehrfach an dem Gegengewicht einfache Flüssigkeitsbremsen angeordnet; siehe auch D.R.P. 112324 u. 131509. Bei neueren Sägen jedoch verzichtet man meist ganz auf die selbsttätige Gewichtsnachstellung und lässt die Ketten von einer Trommel ablaufen, die langsam durch Klinkenschaltung und Wurmradtriebe

gedreht wird. Man erreicht damit, dass die Erhebung des Rahmens unabhängig von der Hubzahl genau entsprechend der Pendellänge und der Hubgröße erfolgt und so eine sichere und gleichmäßige Sandzufuhr zur Arbeitsstelle eintritt. Die Größe der Senkung des Sägerahmens ist dabei durch die Einstellung der Schaltung bedingt und erfolgt nicht mehr selbsttätig, entsprechend dem Fortschreiten des Sägeschnittes.

Außer dieser Nachlassvorrichtung mit Seilaufhängung des Rahmens hat man dann noch sogenannte Schraubensenkung. Bei dieser sind die Seile durch Schraubenspindeln ersetzt, siehe Fig. 32 u. 33, die durch Schaltgetriebe langsam gedreht werden und die

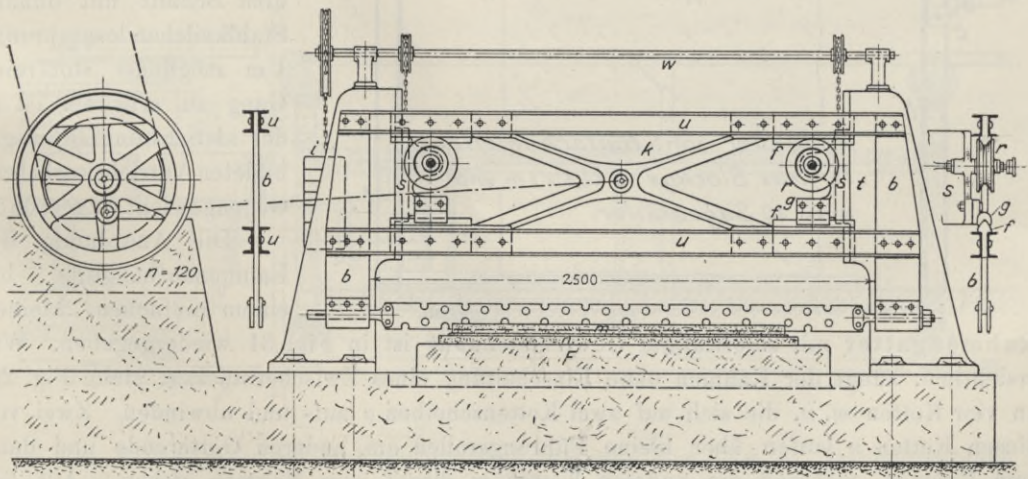
Aufhängung des Rahmens tiefer schrauben. Am Platze ist dieser Schraubennachlass bei schweren Gattern zum Plattensägen mittels Stahlsand, weil hier vielfach das Gewicht des Rahmens nicht genügt, um den nötigen Druck der Sägen auf den Sägesand zu erreichen. Ein Nachteil der Schraubensenkung liegt darin, dass unter allen Umständen das Gestein in dem Maße weggeschliffen werden muss, wie die Senkung des Rahmens erfolgt. Kann dies aber z. B. wegen besonders harter Stellen im Stein nicht erfolgen, so tritt Überlastung ein, wodurch zum mindesten die Sägeblätter verbogen und schiefe Schnitte erzeugt werden. Um dies zu vermeiden, wird vorgeschlagen, die Pendelstangen nicht starr, sondern mit federnden Zwischengliedern auszuführen; siehe D. R. P. 191473.

Um nach Vollendung des Schnittes den Sägerahmen ohne großen Zeitverlust zu heben oder für einen neuen Schnitt einstellen zu können, sind besondere Vorgelege vorgesehen, durch welche die Bewegungsschrauben schnell entsprechend gedreht werden; siehe auch Fig. 33. Bei den Rahmen mit Seilaufhängung dienen ebenfalls zum Hochheben und schnellen Senken besondere Vorgelege oder kleine Handwinden.

Bei hohen Blöcken nimmt der Sägerahmen gegenüber der Kurbelwelle des Antriebes sehr verschiedene Höhenlagen ein. Um trotzdem einigermaßen gleichbleibende Ausschläge der Aufhängependel und richtiges Lüften der Sägen zu erhalten, müssen die Pleuelstangen besonders lang ausgeführt werden (Länge gleich mindestens dreimal Schnitthöhe). Zuweilen macht man auch deren Länge veränderlich oder führt die ganze Lagerung der Kurbelwelle vertikal verschiebbar aus, was jedoch Schwierigkeiten im Riemetrieb ergibt. Die große Länge der Flügelstangen ist auch nötig, damit die Vertikalkomponente aus dem Stangendruck am Rahmen nicht so groß wird, dass sie ein Anheben des Rahmens bewirkt.

Greifen die Pleuelstangen an einer Schmalseite des Sägerahmens an, siehe Fig. 16 bis 18, so ergibt sich eine große Baulänge. Auch stört bei Rahmengattern das den Angriffszapfen haltende Gußstück die Befestigung der Sägeblätter. Bei Angriff der Pleuelstangen an den Längsseiten, siehe Fig. 32, werden diese Übelstände vermieden, dafür aber der Antrieb infolge doppelter Anordnung von Kurbelscheibe und Pleuelstange teurer.

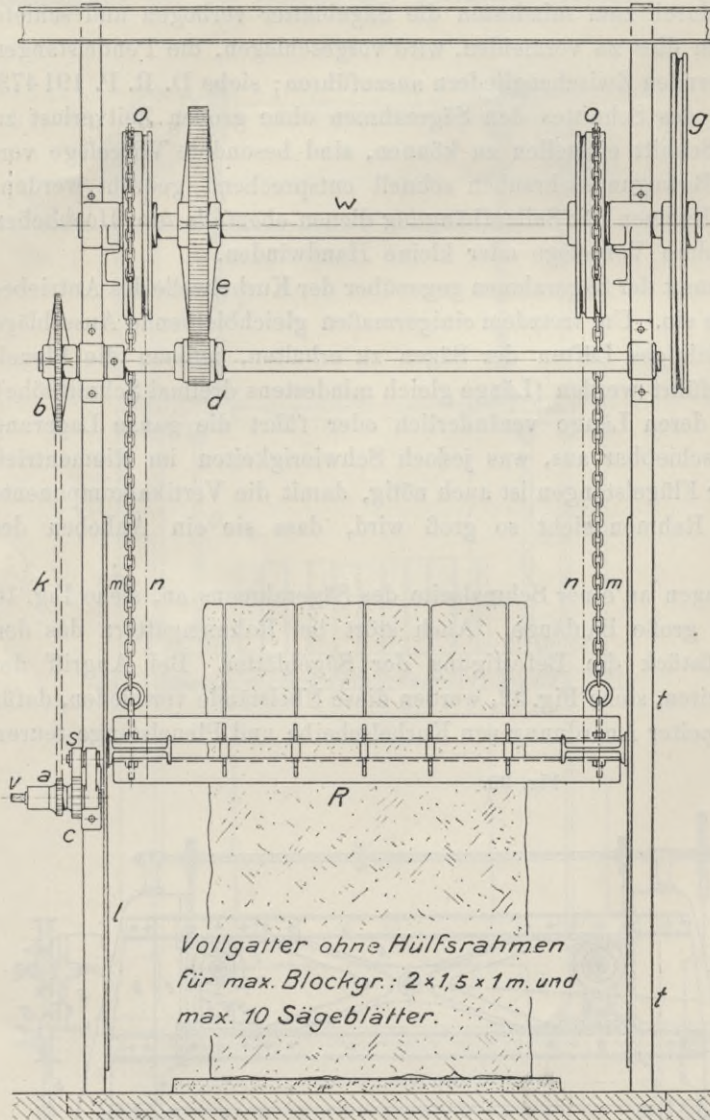
Fig. 30.



§ 9. Ausführungsbeispiele von Gattersägen. Eine kleine Trennsäge für Diamantsägeblätter oder gelochte Sägeblätter ist in Fig. 30 wiedergegeben. Der für nur geringe Schnitthöhe — speziell zum Plattenteilen — gebaute Rahmen hat zwei

Bügel *b* aus starkem Blech, welche in die Druckstütze *u* und die den Zug aufnehmenden C-Eisen eingenetet sind. Am unteren Ende sind kleine Blechstücke angesetzt zur Aufnahme der Sägeangeln. Für den Angriff der Pleuelstange und zur weiteren Versteifung ist ein Gusskruz *k* eingesetzt. Die Bewegung des Rahmens erfolgt nur horizontal, entsprechend den zur Verwendung kommenden Sägen. Zu dem

Fig. 31.



*Vollgatter ohne Hilfsrahmen  
für max. Blockgr.: 2 x 1,5 x 1 m. und  
max. 10 Sägeblätter.*

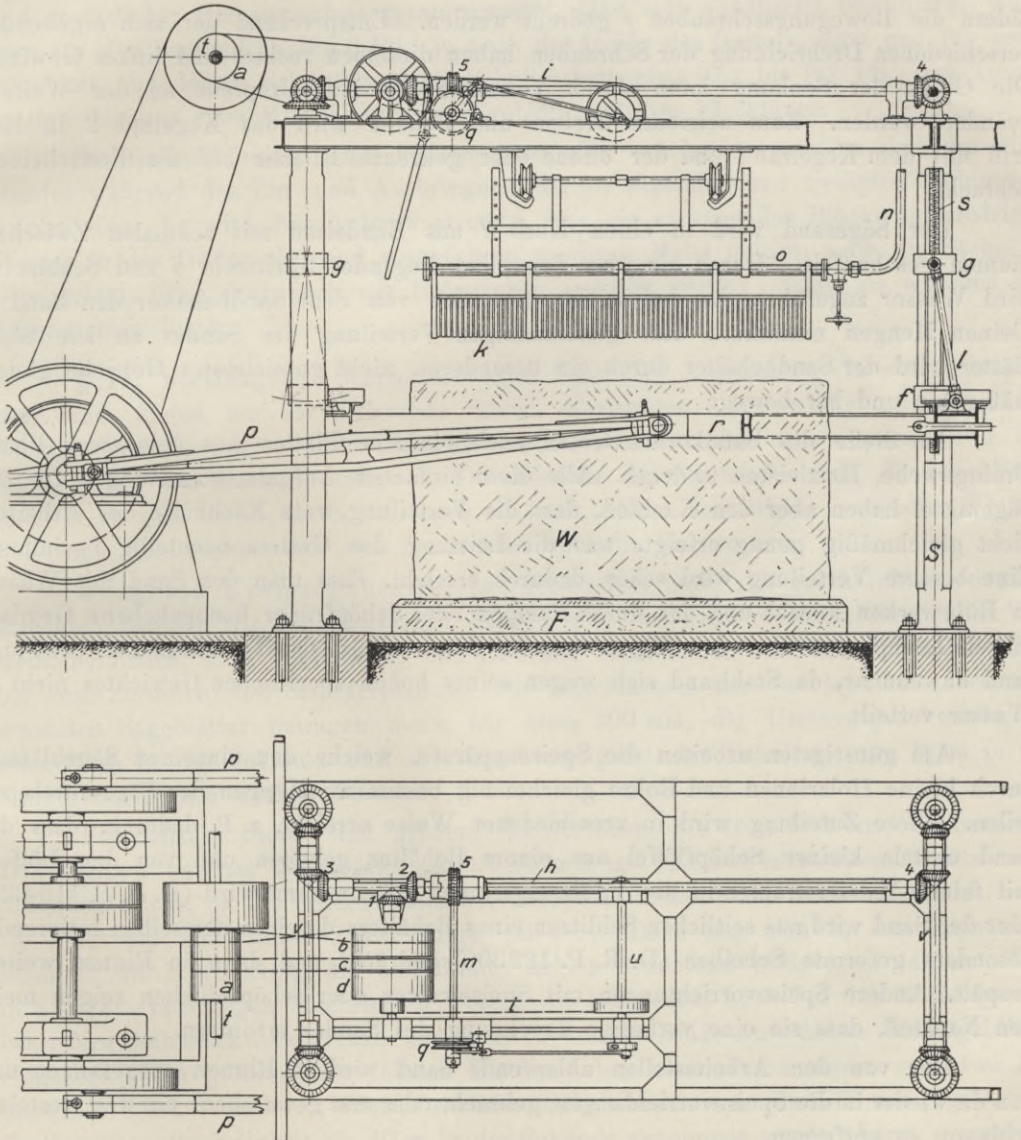
Ende hängt er mit besonderen Führungsstücken *f* in Rollen *r* und ist gegen Seitenbewegungen nochmals geführt in festen Gleitstücken *g*. Diese, sowie die Tragrollen, sitzen an Schlitzen *s*, welche an den Ständern *t* der Maschine vertikal verschiebbar sind. Durch Aufhängung an Ketten und Anordnung eines Gegengewichtes *i* kann das Gewicht des Rahmens und der Schlitzen nach Bedarf ausgeglichen und der Druck der Säge in der Schnittfuge geändert werden. Die zu zerteilende Platte *m* wird auf einer alten, auf dem Fundament *f* befestigten Steinplatte *n* mit Gips befestigt und nach dem Schnitt mit dünnen Stahlkeilchen losgesprengt. Um möglichst stoßfreien Gang zu erhalten, ist in der als Schwungrad ausgebildeten Antriebskurbel ein Gegengewicht angeordnet.

Die Anordnung der Rahmenaufhängung bei einem einfachen, kleinen

Rahmengatter mit selbsttätiger Gewichtssenkung ist in Fig. 31 wiedergegeben. Wie ersichtlich, hängt der Rahmen ohne Einschaltung eines Zwischenstückes, siehe Fig. 29, an vier Ketten *m, n*, die sich auf zwei Kettenscheiben *o* auf- und abwinden. Zwei von diesen Ketten *n* laufen über kleine Führungsrollen am anderen Gatterende und dann zum Rahmen, während die anderen Ketten *m* direkt zum Rahmen gehen. Auf der Welle *w* der Kettenscheibe *o* sitzt fliegend eine größere Kettenscheibe *g*, von welcher eine Kette über entsprechende Führungsrollen zu einem Gegengewicht führt. Das Heben des Rahmens erfolgt von Hand. Zu diesem Ende wird durch eine auf den

Vierkant *v* aufgesteckte Kurbel das kleine Kettenrad *a* gedreht und die Bewegung mittels einer Kette *k* auf ein größeres Kettenrad *b* und weiterhin durch die Zahnräder *d* und *e* auf die Welle der Kettenscheiben übertragen. Gegen selbsttätiges Niedersinken schützt ein kleines Sperrrad *c* und Sperrklinke *s*, welche natürlich während des Sägens ausgeklinkt ist. Zur seitlichen Führung des Rahmens sind an den Ständern *t* starke Führungsbleche *l* befestigt.

Fig. 32 u. 33.



Ein Vollgatter mit Schraubensenkung zeigt Fig. 32 u. 33. Der Sägerahmen *r* hängt an Pendelstangen *l*, siehe auch Fig. 29, und wird mit Hilfe von vier an Gleitstücken *g* angreifenden Schrauben *s* gehoben oder gesenkt. Zur seitlichen Führung des Rahmens dienen mit den Gleitstücken *g* fest verbundene Platten *f*. Die Rahmenbewegung erfolgt von einem Vorgelege aus mit zwei seitlich am Rahmen angreifenden

Flügelstangen *p*. Das Getriebe für die Schrauben ist so angeordnet, dass ein langsames und je nach der Härte des zu sägenden Steines veränderliches Senken des Rahmens und ein rasches Hochziehen bezw. Senken der Sägen bis an das Werkstück ermöglicht wird. Zum langsamen Senken während des Sägens wird eine Welle *m* mit Hilfe eines Kurbeltriebes und eines Klemmgesperres *q* oder einer Klinkenschaltung angetrieben und treibt ihrerseits mit einem Wurm ein Wurmrad 5. Dieses kann mittels einer Klauenkupplung mit einem Kegelrad 2 auf der Längswelle *h* gekuppelt werden, von der aus durch Kegelräderpaare, 3 und 4, zwei Querwellen *v* und mit weiteren Kegelrädern die Bewegungsschrauben *s* gedreht werden. Entsprechend der sich ergebenden verschiedenen Drehrichtung der Schrauben haben dieselben rechtes und linkes Gewinde. Die Größe der Senkung kann durch Versetzen des Kurbelzapfens an der Welle *u* geändert werden. Zum schnellen Heben und Senken wird das Kegelrad 2 in Eingriff mit dem Kegelrad *l* und der offene oder gekreuzte Riemen auf die Festscheibe *c* gebracht.

Der Sägesand wird in einen Korb *k* aus Bandeisen mit schmalen Zwischenräumen geschaufelt. Durch ein über demselben liegendes Spritzrohr *o* und Schlauch *n* wird Wasser zugeführt, das bei seinem Abfließen von dem Sandbehälter den Sand in kleinen Mengen mitnimmt. Zur gleichmäßigen Verteilung des Sandes an alle Sägeblätter wird der Sandbehälter durch ein besonderes, nicht gezeichnetes Getriebe gleichmäßig hin und her bewegt.

An Stelle des Sandkorbes treten auch einfache Platten aus gelochtem Blech, Drahtgewebe, Holzleisten u. dergl. Alle diese einfachen Aufgabevorrichtungen für das Sägemittel haben aber den Nachteil, dass die Verteilung trotz Nachhilfe des Arbeiters nicht gleichmäßig genug erfolgt, was die Leistung des Gatters nachteilig beeinflusst. Eine bessere Verteilung wird schon dadurch erreicht, dass man den Sand mit Wasser in Rührwerken mischt und das durch Pumpen oder Schöpfräder hochgehobene Gemisch mittels Lochplatten über den Sägen verteilt. Natürlich ist das Verfahren nur bei Flusssand anwendbar, da Stahlsand sich wegen seines hohen spezifischen Gewichtes nicht in Wasser verteilt.

Am günstigsten arbeiten die Speiseapparate, welche den einzelnen Sägeblättern durch kleine Holzrinnen und Rohre gleichmäßig bestimmte Mengen des Sägemittels zuteilen. Diese Zuteilung wird in verschiedener Weise erreicht, z. B. dadurch, dass der Sand mittels kleiner Schöpflöffel aus einem Behälter gehoben und von den Löffeln mit feinen Wasserstrahlen in die Zuführungsrinnen geschwemmt wird (D. R. P. 115432), oder der Sand wird aus seitlichen Schlitzern eines Behälters durch in demselben rotierende, besonders geformte Scheiben (D. R. P. 122309) gedrückt und dann in Rinnen weitergespült. Andere Speisevorrichtungen mit Speisewalzen oder Schöpfrädchen zeigen meist den Nachteil, dass sie eine vorherige Trocknung des Sandes erfordern.

Der von den Arbeitsstellen ablaufende Sand wird in Rinnen aufgefangen und von da wieder in die Speisevorrichtungen gebracht oder erst gewaschen, um den Gesteinsschlamm zu entfernen.

**§ 10. Leistungen und Kraftverbrauch der Gattersägen.** Die Schnittleistung hängt in erster Linie ab von dem Steinmaterial, dann von der Art und Körnung des Sägemittels und der Art der Aufgabe desselben, der Bauart des Gatters, Zahl der Sägeblätter, der Hubzahl, Bedienung u. s. w. Bei Rahmengattern mit Schaltung und Arbeiten mit Stahlsand ergeben sich z. B. bei Granit Schnittleistungen von 0,05 bis

0,12 qm pro Blatt und Stunde bei geringer Blattzahl. Bei einem Block von 2 m Länge und einem Sägeblatt würde demnach eine Schnitttiefe von 2,5 bis 6 cm in der Stunde erreicht. Bei Verwendung von Quarzsand sinkt die Leistung auf etwa ein Drittel der angegebenen Werte. Bei Marmor und hartem Sandstein und Sägen mit Flusssand kann man bei kleinen Blattzahlen im Mittel pro Blatt und Stunde eine Schnittleistung von 0,1 bis 0,3 qm rechnen, bei hohen Blattzahlen jedoch oft nur mit 0,03 qm. Bei weichen Sandsteinen steigt die Leistung bis auf 0,8 qm in der Stunde.

Der Kraftbedarf der Rahmengatter, der sich aus Leerlaufarbeit, Schnittarbeit und zusätzlicher Reibungsarbeit zusammensetzt, lässt sich annähernd bestimmen, wenn man für den Leerlauf  $\frac{1}{2}$  bis 3 PS., je nach der Größe des Gatters, setzt und für jedes Sägeblatt und Meter Schnittlänge als Schnittarbeit etwa 0,1 bis 0,2 PS., bei Trenngattern dagegen etwa 0,5 PS. für ein Sägeblatt und 1 m Blocklänge.

Die Gesamtleistung eines Gatters lässt sich erhöhen, wenn die Zeit des Stillstandes während des Ein- und Ausbringens der zu sägenden und gesägten Steine verringert wird. Es wird dies dadurch erreicht, dass die zu sägenden Blöcke auf niedrigen Wagen in das Gatter ein- und ausgefahren werden. Meist müssen auch die Steine in Gips gelegt, öfter auch noch mit Holzstreben gestützt werden, damit sie während des Sägens ruhig liegen.

**§ 11. Steifsägen.** Sägen, die ohne besondere Anspannung in sich genügend steif sind, finden nur als rotierende Sägen, Kreissägen, Anwendung und zwar für Schnitte von geringerer Höhe, besonders auch zum Zerteilen von Platten. Für das Zerschneiden von Blöcken werden die Durchmesser der Sägen sehr groß, die Sägeblätter recht stark und damit die Schnittfugen zu breit. Eine Schnitthöhe von etwa 800 mm bei einem Blattdurchmesser von 2 m dürfte wohl die Grenze sein.

Gezahnte Kreissägeblätter aus gehärtetem Stahl mit geschränkten oder gestauchten Zähnen wie bei Holzsägen können nur bei ganz weichen Gesteinen Verwendung finden, z. B. bei einigen bruchfeuchten Kalksteinen und dann in erster Linie bei dem Zerteilen von Schieferplatten. Die Durchmesser der für letztere Arbeit verwendeten Sägeblätter betragen meist nur etwa 300 mm, die Umfangsgeschwindigkeit etwa 20 m in der Sekunde und die Geschwindigkeit des Schnittes etwa 6 cm in der Minute bei 30 mm starken Platten.

Für härtere Steine und größere Schnitthöhen, bis etwa 800 mm, kommen mit Diamanten besetzte Sägeblätter zur Verwendung. Zum Plattenteilen benutzt man dieselben selten, da die untere Kante der durchschnittenen Platte leicht ausbricht, wenn sie nicht auf eine andere Platte aufgekippt war. Dazu hat man in den Karborundscheiben die Möglichkeit, die betreffende Arbeit bedeutend billiger zu leisten. Wie in § 2 für Gattersägen beschrieben, werden die Diamanten auch bei den Kreissägen in besondere Stahlstückchen gefasst und diese in entsprechende Ausschnitte der Sägeblätter eingefügt. Die größten ausgeführten Blätter haben einen Durchmesser von etwa 2 m bei einer Stärke von etwa 8 mm, was eine Schnittbreite von etwa 10 mm ergibt. Da die Schnittgeschwindigkeit bis 40 m in der Sekunde genommen werden kann, so ergeben sich recht hohe Schnittleistungen. Es werden z. B. bei Marmor Schnittflächen bis 1,5 qm in der Stunde und bei Granit bis 0,6 qm erreicht. Zum Vergleich sei wiederholt, siehe § 10, dass bei Gattersägen und Anwendung von Stahlsand nur mit Schnittleistungen von etwa  $\frac{1}{5}$  dieser Werte gerechnet werden kann. Trotz der hohen Leistungen wird aber die Anwendung von Diamantsägen eine begrenzte bleiben, da infolge der sehr hohen

Preise für schwarze Diamanten (das Karat kostet jetzt schon über 300 M.) die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten der betreffenden Sägen recht beträchtlich sind. Namentlich für kleine Schnitthöhen werden daher immer mehr Karborundscheiben verwendet. Dieselben haben meist eine Stärke von 6 bis 8 mm bei einem Durchmesser von 250 bis 350 mm und arbeiten mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 20 bis 30 m in der Sekunde bei reichlichem Zufluss von Wasser zur Arbeitsstelle. Die geringe Stärke und hohen Geschwindigkeiten setzen natürlich sorgfältigste Herstellung voraus, um genügende Sicherheit gegen Zerspringen zu haben. Steinplatten von einer Stärke bis 5 cm können noch mit einem Schnitt geteilt werden. Bei stärkeren Platten nimmt man mehrere Schnittgänge mit entsprechender Senkung der Schneidscheibe. Hohl liegende Plattenränder brechen beim Schnitt leicht etwas aus. Daher sägt man vielfach nur bis auf etwa  $\frac{3}{4}$  mm durch, bricht die Platten auseinander und arbeitet den kleinen Grat besonders ab oder man gipst die Platten auf. Als Beispiel der Leistungsfähigkeit sei angegeben, dass mit guten Schneidscheiben bei Marmorplatten von etwa 2,5 cm Stärke eine Schnittlänge von 10 m in der Stunde erreicht wird.

Um größte Sicherheit gegen das Zerspringen zu haben, erhalten die Schneidscheiben Eisenkerne (D. R. P. Offenbacher, Redwitz), bzw. man bringt auf Eisenscheiben einen etwa 25 mm breiten Schleifbelag am äußeren Rande auf. Man hat dann weiter den Vorteil, große Scheibendurchmesser, bis 2 m, bei relativ geringer Stärke ausführen zu können, da die betreffenden Eisenscheiben eine Stärke von nur 3 bis 8 mm erhalten; siehe auch § 2.

Kreissägen aus einfachen Eisenblättern, denen loses Schneidmittel mit Wasser oder Öl zugeführt wird, kommen bei der Bearbeitung von Bausteinen nicht in Betracht, sondern nur bei dem Zerteilen wertvoller Gesteine. Sie zeigen den Nachteil, dass das Schleifmittel durch die Zentrifugalkräfte schnell abgeschleudert wird, haben aber anderseits den Vorteil, dass sie sehr schmale Schnittfugen ermöglichen.

## II. Das Abrichten der Bausteine.

**§ 12. Allgemeines über das Abrichten der Steine.** Den meisten Bausteinen gibt man, soweit sie überhaupt bearbeitet werden, schon im Bruche annähernd die späteren, äußeren Abmessungen. Ausgenommen sind natürlich die Steine, welche an Sägewerke und Steinbearbeitungswerkstätten gehen, um dort je nach Bedarf zerteilt und verarbeitet zu werden. Das Zurichten im Bruch geschieht, um auf dem Transporte an Gewicht zu sparen, dann auch, weil die Steine vielfach im „bruchfeuchten“ Zustande bedeutend leichter zu spalten und zu bearbeiten sind. Besonders zeigt sich dies bei porösen Kalksteinen, Tuffsteinen und Sandsteinen mit kalkigem Bindemittel. Mit Rücksicht auf die beim Transporte leicht eintretenden Beschädigungen und die nur rohe Vorarbeit im Bruche werden die Abmessungen um den sogenannten „Bruchzoll“ oder „Arbeitszoll“ größer gehalten. Derselbe beträgt ungefähr 20 mm, bei weichen Steinen mehr, bei harten meist weniger.

Die Aufgabe der eigentlichen Steinbearbeitung ist es dann, aus diesen roh vorgearbeiteten Steinen die genaueren Abmessungen, scharfen Kanten, entsprechend bearbeitete Flächen, Profile und Ornamente herauszuarbeiten und Flächen zu schleifen und zu polieren. Es geschieht dies zum größten Teile noch von Hand durch die Steinmetzen, obwohl Bearbeitungsmaschinen bedeutend an Verbreitung gewonnen haben,



besonders für das Schleifen und Polieren. Auch durch die vermehrte Anwendung der oben beschriebenen Steinsägen wird viel an Handarbeit gespart.

Bei dem erwähnten Zurichten der Steine im Bruch werden zunächst mit einem der Arbeitsstähle und einem hölzernen Lineal die Begrenzungslinien aufgerissen. Das überstehende Material wird, soweit es geht, mit einem Hammer abgeschlagen und das übrige bei hartem Gestein mit dem Spitzeisen und Schlägel oder Fäustel, Fig. 34, 35 u. 36, bei weichen Steinen mit dem Zweispitz, Fig. 37 u. 38, strichweise abgearbeitet, d. h. in kleinen Stücken weggesprengt. Dadurch erhält die Steinfläche ein narbiges Aussehen und man bezeichnet sie als „roh gespitzt“ oder „roh bossiert“.

Das betreffende Absprengen von Steinteilen, das wichtigste Verfahren der Steinbearbeitung, wird dadurch erreicht, dass an der Arbeitsstelle eine gewisse lebendige Kraft auf dem kleinen Arbeitswege des Werkzeuges vernichtet wird. Da nun das Produkt aus dem entstehenden, mittleren Druck und dem Arbeitsweg gleich der umgesetzten lebendigen Kraft ist, so ergeben sich vor dem Werkzeuge sehr hohe, die Festigkeit des Gesteins überschreitende und zum Spalten führende Drücke. Am höchsten werden dieselben natürlich, wenn sie sich auf eine Spitze vereinigen, wie es bei den erwähnten Spitzeisen der Fall ist. Dadurch ist dasselbe auch zur Abnahme stärkerer Stücke selbst bei Hartgestein geeignet. Zur Erzeugung der erwähnten lebendigen Kraft kann das Werkzeug

selbst genügend schwer gemacht und bewegt werden. Dies ist der Fall bei dem Zweispitz, Fig. 37 u. 38, dem Kröneleisen, Fig. 56 u. 57, der Fläche, Fig. 43, 44 u. 53, 54, u. s. w. Andererseits kann die lebendige Kraft auf das leichtgehaltene Werkzeug von einer bewegten, schweren Masse, einem Hammer, übertragen werden, wie bei dem Spitzeisen, dem Schlageisen u. s. w. In letzterem Falle hat man den Vorteil, dass das Werkzeug vor dem Schlag aufgesetzt und damit die Schlagstelle und Schlagrichtung sicher eingehalten werden kann. Ein Nachteil liegt aber darin, dass das Werkzeug erst beschleunigt werden muss und dass ein Teil der lebendigen Kraft des Hammers durch elastische Kompression des Werkzeugstahles aufgezehrt wird. Es führt dieser Umstand auch bei Schlagbohrern, d. h. mit dem Hammer vorgetriebenen Bohrern, dazu, dass bei großer Bohrerlänge nur eine ungenügende Druckwirkung an der Bohrerschneide entsteht. Man ist dann genötigt, vom Schlagbohren zum Stoßbohren überzugehen, bei welchem der Bohrer selbst bewegt wird und durch seine infolge der Länge hinreichend große Masse genügend lebendige Kraft entwickelt. Werden die erwähnten Eisen mit einem Schlägel getrieben, so muss entweder die Schlagfläche des Hammers oder der Kopf des Eisens gehärtet sein, damit dasselbe „zieht“. Gewöhnlich ist der Schlägel, siehe Fig. 35 u. 36, aus Stahl oder angestählt und gehärtet, da Eisenschlägel sich auf der Schlagfläche hohl ausarbeiten und dann leicht einen unsicheren Schlag ergeben. Die Köpfe der mittels Schlägel getriebenen Eisen werden meist

Fig. 34.

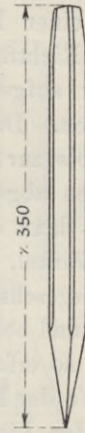


Fig. 35 u. 36.

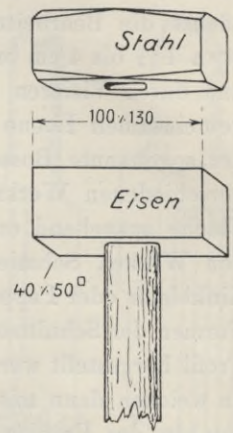
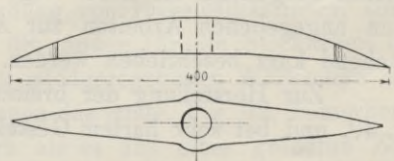


Fig. 37 u. 38.



schmäler gehalten als der Schaft des Eisens, Fig. 40 u. 41, bei Anwendung eines Klöpfels, Fig. 42, dagegen müssen sie breiter sein als der Schaft und werden entsprechend gestaucht, Fig. 39.

**§ 13. Abrichten von Hand.** Die zu bearbeitenden Steine werden zunächst „aufgebänkt“, d. h. auf Holzböcken in bequeme Arbeitslage gebracht. Dabei hat der Steinmetz zu achten, dass, namentlich bei Schichtgesteinen wie Sandsteinen, der Stein so bearbeitet wird, dass seine Druckbeanspruchung nach Einfügung in das Bauwerk senkrecht zu den natürlichen Lagerflächen bezw. Schichtung erfolgt. Es wird dann zunächst die Bearbeitung einer Lagerfläche vorgenommen und zu dem Ende schmale, etwa  $1\frac{1}{2}$  bis 4 cm breite Richtflächen, sogenannte „Schläge“, an den Kanten angearbeitet und durch Visieren über aufgesetzte Lineale geprüft, ob diese Richtflächen in einer gemeinsamen Ebene liegen. Dann wird das zwischen den Schlägen stehende Material, der sogenannte Bossen, bis zur Höhe der Schläge durch mehrmaliges Überarbeiten mit verschiedenen Werkzeugen abgearbeitet. Von der auf diese Weise hergestellten ersten Fläche ausgehend erfolgt dann die Bearbeitung der übrigen Flächen unter Zuhilfenahme von Winkel, Schmiege, Zirkel, Taster und Lehren. Letztere werden aus Holz, dünnem Zinkblech oder Pappe ausgeschnitten und finden besonders Verwendung bei verwickelten Formen der Schnittsteine und bei Profilarbeiten. Soll z. B. ein Stein mit durchlaufendem Profil hergestellt werden, so erfolgt zunächst die Bearbeitung der Lager- und Stoßflächen, an welchen dann mit Hilfe der Lehren das Profil angezeichnet wird. Über die äußersten Punkte des Profiles werden Linien gezogen, das überstehende Material wird roh weggearbeitet, darauf die durch die betreffenden Linien gehenden Ebenen und zuletzt von diesen ausgehend die tiefer liegenden Profiltteile herausgearbeitet. Die wichtigsten, bei den angegebenen Arbeiten zur Anwendung kommenden Werkzeuge sollen nun nachstehend kurz beschrieben werden.

Zur Herstellung der breiteren Schläge dienen sogenannte Schlageisen, Fig. 39 u. 40, und bei sehr hartem Gestein und dementsprechend schmalen Schlägen die Beizeisen; Fig. 41. Diese Eisen

Fig. 39, 40 u. 41.

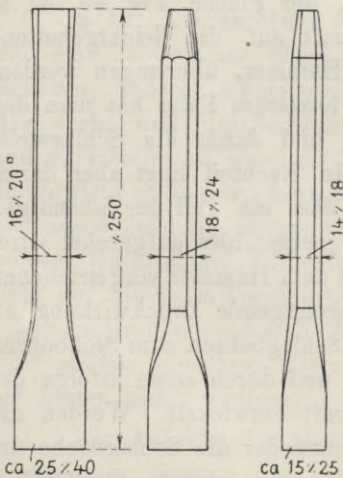
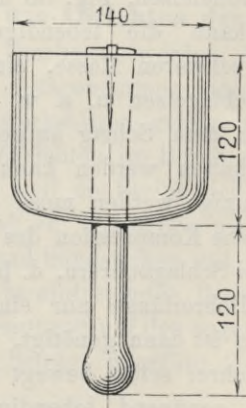


Fig. 42.



werden bei hartem Gestein mit dem Fäustel, Fig. 35 u. 36, bei weichen Steinen mit dem Klöpfel oder Knüppel, Fig. 42, aus zähem Holz (Weißbuche oder Buchsbaum) getrieben. Falls der Bossen nicht als Rustika stehen bleibt, wird er bei harten Steinen zunächst mit dem Spitzeisen und Fäustel roh abgestochen. Die weitere Bearbeitung erfolgt dann bei harten Steinen mit dem Flachhammer oder Fläche, Fig. 43 u. 44, und

zuletzt, oder auch unter Weglassung der Fläche, sofort mit Stockhämmer; Fig. 45 bis 48. Dieselben sind an den Arbeitsflächen mit pyramidenförmigen Zähnen versehen. Während nun die Fläche, Spitzeisen und Schlageisen schräg angesetzt werden und

mehr oder weniger große Steinteilchen absprenge, erfolgt das Aufschlagen der Stockhämmer senkrecht zum Stein und führt nur ein Zertrümmern der vorstehenden Teilchen herbei. Unter jedem aufschlagenden Zahn des Stockhammers entsteht ein kleines Grübchen und die Steinfläche bekommt ein gekörntes Aussehen. Der Grad der Körnung hängt von der Zahl und Stärke der Zähnchen ab. Meist werden drei verschiedene Nummern der Hämmer, mit etwa 25, 36 u. 144 Zähnchen, benutzt und danach unterschieden zwischen „gestockten“, „fein gestockten“ und „schleifrecht gestockten“ Flächen.

Fig. 43 u. 44.

Fig. 49 bis 52.

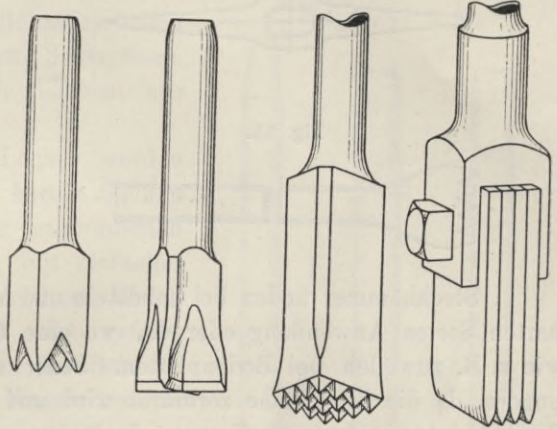
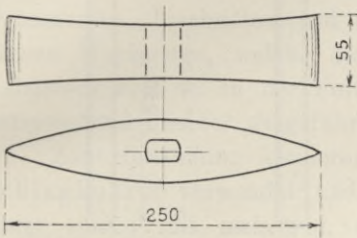
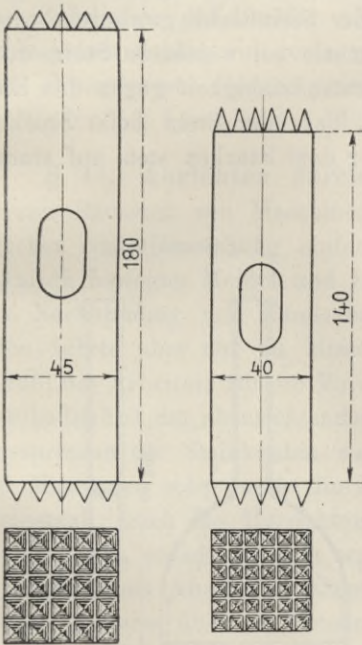


Fig. 45 u. 46.

Fig. 47 u. 48.



Bei Verwendung von Presslufthämmern, siehe auch Fig. 67 u. 68, finden für die Stockarbeit die in Fig. 49 bis 52 wiedergegebenen Werkzeuge Anwendung, von denen das letzte, Fig. 52, bemerkenswert ist, insofern als es aus einer größeren Zahl paralleler, dünner Meißel zusammengesetzt wird. Bei Verwendung solcher Werkzeuge mit Schneiden fällt natürlich die charakteristische Körnung einer handgestockten Fläche fort, aber auch schon bei den Werkzeugen mit Zähnen, Fig. 49 u. 51, wird infolge der außerordentlich schnell aufeinander folgenden Schläge des Presslufthammers der Charakter der Fläche ein anderer als beim Stocken von Hand.

Bei weicheren Steinen wie Sandstein, Marmor, Kalkstein, Tuffstein u. s. w. dient zum rohen Abarbeiten der Bossen der Zweispitz, Fig. 37 u. 38, nur bei härteren Sorten der betreffenden Gesteine auch das Spitz Eisen. Die „gespitzte“ Fläche wird dann mit der Zahnfläche, Fig. 53 u. 54, oder auch mit einem gezahnten Schlag-eisen, dem Zahneisen, Fig. 55, überarbeitet. Dann folgt eine Bearbeitung mit dem Kröneleisen; Fig. 56 u. 57. Bei weichen Sandsteinen u. s. w. fällt die Benutzung der Zahnfläche fort, und es wird sofort nach dem Spitz Eisen mit dem Kröneleisen gearbeitet. Dasselbe besteht aus einer Anzahl (bis 15) zugeschärfter Vierkantstähle, die in einer mit Handhabe versehenen eisernen Fassung festgekeilt und in schräger Richtung auf den Stein aufgeschlagen werden.

Fig. 53 u. 54.

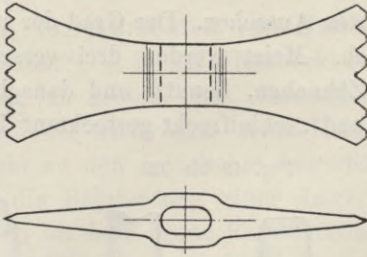


Fig. 55.

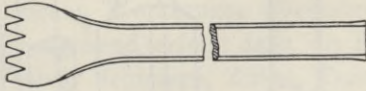
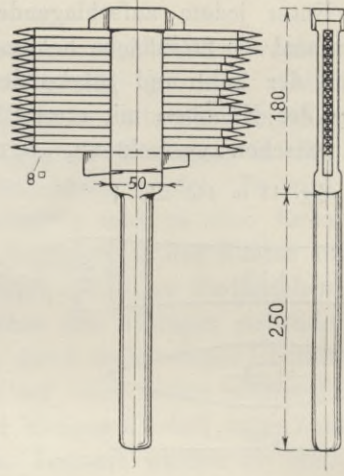


Fig. 56 u. 57.



Stockhämmer finden bei Sandstein und Marmor nur bei Bearbeitung von besonders harten Sorten Anwendung oder da, wo eine Körnung der Steinfläche gewünscht wird, wie z. B. zuweilen bei Bodenplatten. Sonst nimmt man sie bei weicheren Steinsorten ungern, da die Steinfläche zermürbt wird und an Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluss der Atmosphäre verliert, auch läuft man Gefahr, dass der Stein beim Stocken springt. Aus letzterem Grunde müssen auch Platten vor dem Stocken stets auf starke Steinplatten aufgekipst werden.

Fig. 58 u. 59.

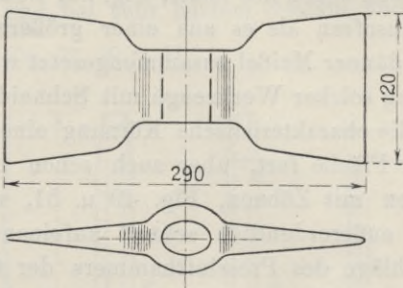
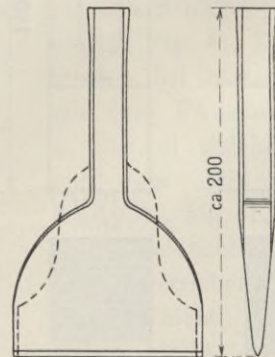


Fig. 60 u. 61.



Nach der Bearbeitung mit dem Kröneisen folgt eine solche mit der geraden Fläche, Fig. 58 u. 59, und dann, oder auch sofort unter Weglassung der Fläche, mit den Schariereisen; Fig. 60 u. 61. Bei dem Scharieren entstehen flache, parallel stehende Furchen, die als Scharierhieb stehen bleiben oder weggeschliffen werden. In letzterem Falle wird über den ersten Scharierhieb noch einmal in anderer Richtung fein überschariert und dann die Fläche geschliffen. Dies erfolgt bei Sandsteinen mit härteren Sandsteinstücken oder auch bei weichem Sandstein und Kalksteinen mit dem Steinhobel, Fig. 62 u. 63, d. h. einem in ein Holzstück eingelassenen, wellenförmig gebogenen harten Stahlband oder in wechselnder, schräger Richtung eingefügten Stahlbandstückchen.

Soll der Stein schariert bleiben, so lässt man den ersten Scharierhieb stehen. Falls aber ein besonders regelmäßiger Scharierhieb verlangt wird, wird die Fläche erst geschliffen und dann mit dem endgültigen Hieb aufgeschlagen, was in größeren Steinmetzwerkstätten meist durch besondere Arbeiter geschieht. Vielfach sucht man auch durch geschickten Wechsel in der Richtung des Scharierhiebes eine gewisse Flächenmusterung zu erzielen.

Für die feinere Ausarbeitung von Profilsteinen, Ornamenten, Inschriften und weitere Bildhauerarbeiten dienen Werkzeuge, welche den Spitzeisen, Schlageisen, Zahneisen u. s. w. in der Form ziemlich gleichen, nur entsprechend leichter ausgeführt sind.

Zur Herstellung kleinerer runder Löcher werden Schlagbohrer verwendet und zwar bei harten Steinen meist solche mit mehreren, sternförmig angeordneten Schneiden, Fig. 64, für weichere Steine mit einfacher Schneide, Fig. 65 u. 66. Damit das Material am Boden des Bohrloches gleichmäßig zertrümmert wird, erfolgt nach jedem Schlag ein geringes Versetzen des Bohrers. Das abgearbeitete Gestein wird durch Wasser ausgespült oder mit besonderen Löffeln ausgehoben.

**§ 14. Abrichten durch Maschinen.** Bei den älteren Bauarten von Maschinen zum Abrichten ebener Flächen und Herstellung einfacher Profile mittels mechanisch bewegter Meißel und Hämmer war die Absicht der Nachahmung der Handarbeit unverkennbar. Dieselbe führte aber nur zu Misserfolgen, weil eben das Gefühl des Arbeiters für die Verschiedenheiten in der Härte, dem Gefüge und sonstigen Beschaffenheit der abzurichtenden Steinflächen, sowie die Rücksichtnahme auf das leichte Auspringen der Steinkanten auf eine Maschine nicht zu übertragen ist. Dazu litten die Maschinen sehr durch die Erschütterungen und die Abnutzung durch den feinen Stein Staub; auch das Herrichten und Einsetzen der Werkzeuge nahm meist viel Zeit in Anspruch, sodass die sich ergebenden Unterhaltungs- und Betriebskosten, abgesehen von den hohen Anschaffungskosten, Vorteile gegenüber der Handarbeit nicht erreichen ließen. Näheres über die Konstruktion der betreffenden Maschinen ist zu finden in dem Buch von Powis Bale: *Stone-working machinery*, 1884, sowie im Handbuch der Ingenieurwissenschaften, IV. Band, Abt. III, 1890. Ebenso wenig Erfolge wie bei den oben erwähnten Maschinen mit mechanisch bewegten Meißeln sind mit Steinfräsmaschinen, d. h. Maschinen mit rotierenden Arbeitstählen, erzielt worden und zwar aus den gleichen Gründen.

Weiteregehende Einführung dagegen haben Drehbänke, Hobelmaschinen und Bohrmaschinen gefunden, und es sollen dieselben deshalb in den folgenden Paragraphen näher beschrieben werden.

Recht günstige Erfolge sind auch in letzter Zeit mit Pressluftwerkzeugen zum Abrichten erzielt worden und lassen eine weitgehende Einführung derselben erwarten.

Fig. 62 u. 63.

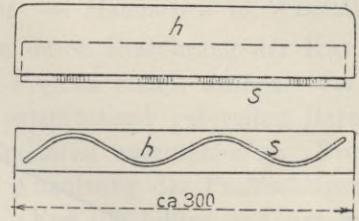


Fig. 64, 65 u. 66.

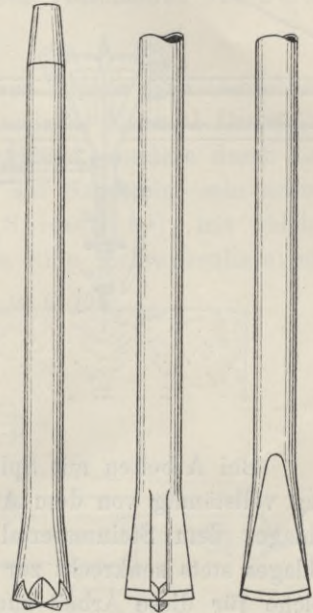


Fig. 67.

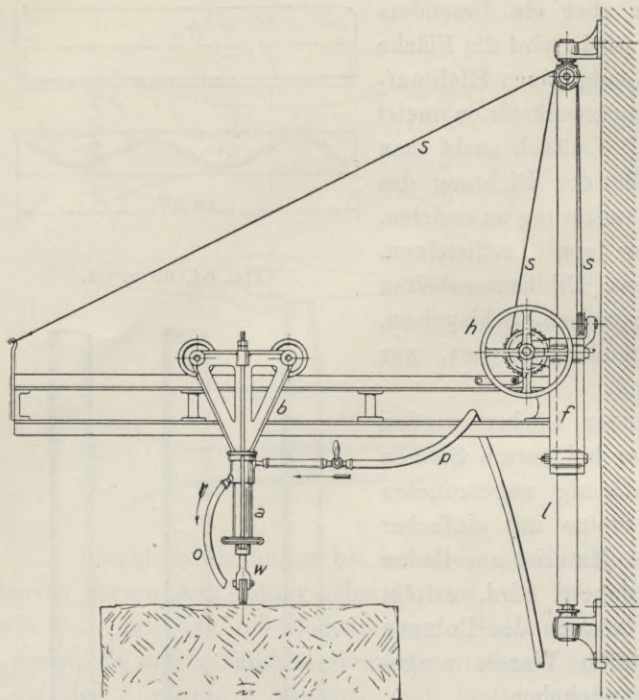
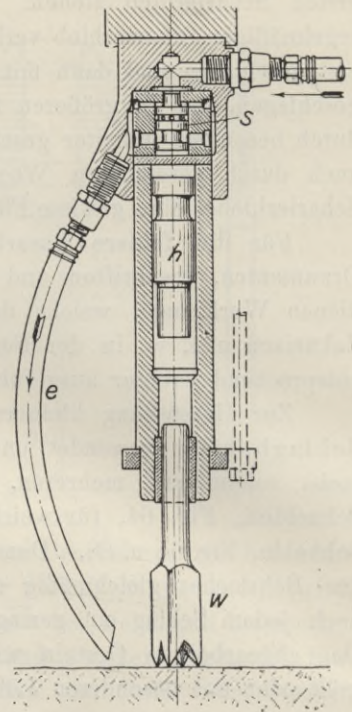


Fig. 68.



Bei Arbeiten mit Spitzeisen, Schlegeisen oder Zahneisen wird das Pressluftwerkzeug vollständig von dem Arbeiter geführt, der dadurch die Richtung und Stärke des Schlages dem Steinmaterial anpassen kann. Da bei Stockarbeit die Richtung des Schlages stets senkrecht zur Steinfläche erfolgt, so können hierbei die Presslufthämmer, welche für diese Arbeit auch schwerer gebaut sind, an leicht beweglichen Auslegern geführt werden. In Fig. 67 ist eine solche Anordnung wiedergegeben. Der Presslufthammer *a*, in den die Stockwerkzeuge, siehe auch Fig. 49 bis 52, leicht auswechselbar eingesetzt werden, hängt an einem leichten Laufwagen *b*, der seinerseits auf einem horizontalen, leicht schwenkbaren Ausleger verschoben werden kann. Es kann somit leicht eine größere Steinfläche bestrichen werden. Entsprechend der Höhe des Steines wird der Ausleger mit Hilfe einer Winde *h* eingestellt. Die ganze Vorrichtung wird auch transportabel ausgeführt, indem die Säule *l* in einem niedrigen Wagen leicht drehbar eingesetzt wird. Die Bauarten der verwendeten Presslufthämmer unterscheiden sich wenig und meist nur in der Anordnung der Steuerkolben und der Art, wie die einzelnen Teile zusammengesetzt werden. In Fig. 68 ist der Querschnitt eines Hammers wiedergegeben. Durch den kleinen Steuerkolben *s* wird die Pressluft derart verteilt, dass der eigentliche Hammerkolben *h* kräftige Schläge in rascher Folge auf das Werkzeug *w* ausführt. Die ausblasende Luft kann noch zum Abblasen der Arbeitsstelle benutzt werden; siehe Fig. 68 u. 67. Durch derartige Pressluftwerkzeuge kann jedenfalls viel Handarbeit ersetzt oder diese doch sehr erleichtert werden.

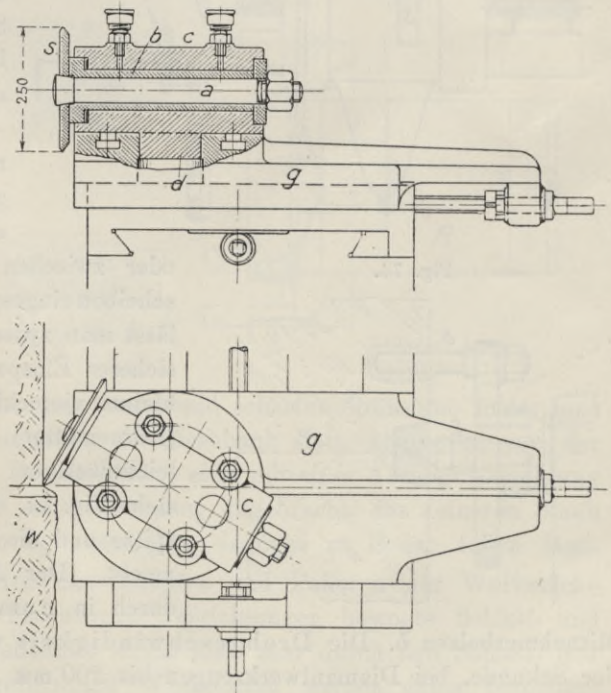
Bei dem Abrichten ebener Flächen in hartem Gestein hat auch das ursprünglich 1896 patentierte und zuerst im Odenwald ausgeführte Grobschleifen mit Stahlsand auf Schurscheiben recht weite Verbreitung gefunden. Das betreffende Verfahren besteht darin, dass die Flächen in gespitztem Zustande mit grobem Stahlsand und dann auf

weiteren Schurscheiben mit feinerem Sand soweit geschliffen werden, dass sie poliert werden können. Es kommt also das Stocken und damit viel Handarbeit in Wegfall.

Große Fortschritte sind auch in den letzten Jahren durch Einführung der Karborundscheiben besonders bei Herstellung von Profilen erzielt worden. Vorher waren viele Versuche gemacht worden, Profile mit entsprechend geformten Hartgusswalzen und durch Wasser zugeführtem losem Schleifmaterial auszusleifen. Dieselben hatten keinen rechten Erfolg wegen der schnellen Abnutzung der Profilscheiben und der dadurch veranlassten Veränderung in den Profilen. Erst die billige und sichere Herstellung von Karborundscheiben mit richtiger Härte und Körnung brachte Erfolg, besonders seitdem man die ganze Schleifarbeit in ein grobes Vorschleifen und Fertigschleifen mit genauen Profilscheiben trennte.

**§ 15. Drehbänke.** Die Drehbänke zum Abdrehen von Steinen sind fast ebenso gebaut wie Metaldrehbänke. Als Werkzeuge werden für weiches Material Drehstähle und Diamantwerkzeuge benutzt. Erstere wirken nicht schneidend, sondern durch Losdrücken kleiner Steinteilchen und nutzen sich, namentlich auf Sandstein, sehr schnell ab. Es sind deswegen auch meist lang ausgeschmiedete Spitzstichel, mit welchen meistens zuerst bei einem Vorschub von 5 bis 10 mm eine Rille (Schraubenlinie) eingedreht wird. Dann wird das zwischen den Rillen stehengebliebene Material mit einem breiteren Stichel abgesprengt. Für hartes Material kommen an Stelle der Stichel Rollmesser in Anwendung, früheres Patent Nr. 6085, Kl. 5. Es sind dies flache oder hohl gepresste Stahlscheiben *s*, welche in dem Support leicht drehbar gelagert werden; siehe Fig. 69 u. 70. Zu dem Ende sitzen sie auf einer konischen Verstärkung eines Stahldornes *a*, der nach Anziehen der am andern Ende sitzenden Mutter die Scheiben fest gegen eine Büchse *b* anpresst. Diese ist leicht drehbar in einem Gusskörper *c* gelagert, der seinerseits um einen Zapfen *d* zur richtigen Winkeleinstellung der Scheiben gegen den Stein drehbar ist. Ein kräftiger Kreuzsupport ermöglicht dann noch das genaue Einstellen.

Fig. 69 u. 70.



Die Scheiben werden, wie aus der Fig. 70 ersichtlich, unter flachem Winkel zur abzdrehenden Fläche angestellt und rollen unter hohem Druck auf dem Gestein, dieses dabei in kleinen Teilchen absprengend. Infolge dieses Abrollens der Scheiben ist ein Schleifen am Stein, das bei den Spitzstählen die schnelle Abnutzung veranlasst, ziemlich vermieden. Dazu ist der Verschleiß nicht auf eine Stahlspitze konzentriert, sondern verteilt sich auf den ganzen Umfang des Rollmessers, sodass dasselbe entsprechend

länger arbeitsfähig bleibt. Die Erwärmung bleibt auch gering, sodass ein Kühlen mit Wasser nicht nötig wird. Das Schärfen der abgenutzten Scheiben erfolgt in einfacher Weise auf kleinen eigens dafür gebauten Schleifvorrichtungen.

Profile lassen sich mit den Rollmessern meist nicht ausarbeiten und werden zweckmäßig mit Karborundscheiben ausgeschliffen.

Beim Ausdrehen von Sandsteinsäulen finden auch sogenannte Schälmeißel mit Diamantbesatz Verwendung. Es sind dies nach dem abzdrehenden Durchmesser gebogene und

Fig. 71, 72 u. 73.

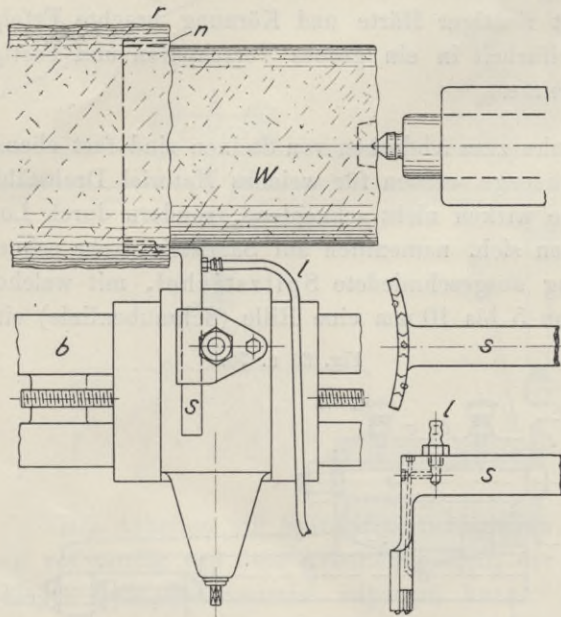
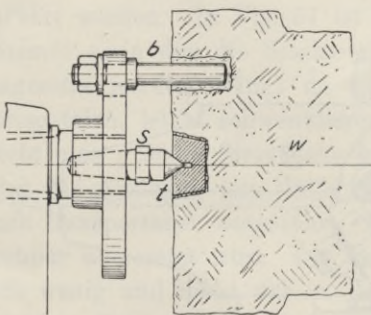


Fig. 74.



abgekröpfte Stahlstücke, siehe Fig. 71, 72 u. 73, die vorn mit Diamanten besetzt sind und mit diesen eine schmale Ringnut *n* von rund 10 cm Tiefe ausarbeiten. Zur Kühlung und zum Ausspülen der abgetrennten Steinteilchen wird durch in dem Meißel liegende Kanälchen Wasser zur Schnittstelle hingeführt. Der überstehende Materialring *r* wird mit einem Hammer abgeschlagen und der Vorgang entsprechend wiederholt. In weichem Sandstein lassen sich derart in der Stunde 0,6 bis 1,2 qm Fläche abdrehen bei einer Schnittgeschwindigkeit von etwa 150 mm in der Sekunde.

Die abzdrehenden und entsprechend roh vorgearbeiteten Steine werden bei größerem Gewicht in passenden Futterern, siehe Fig. 75 u. 76, mit Schrauben

oder zwischen verschiebbaren Klauen auf Planscheiben eingespannt. Leichtere, säulenförmige Stücke lässt man zwischen Spitzen laufen. Um dabei ein sicheres Einspannen zu ermöglichen, werden erst kleine, viereckige, etwas konische Stahlstückchen (Körnerfutter) *t* in den Stein eingelassen und mit leichtflüssigen Legierungen oder Gips vergossen; siehe Fig. 74. Gewöhnlich wird auch die Reitstockspitze und die Spindel des Reitstockes drehbar gemacht. Der Antrieb des Werkstückes *w* erfolgt durch in Ausarbeitungen des Steines eingreifende

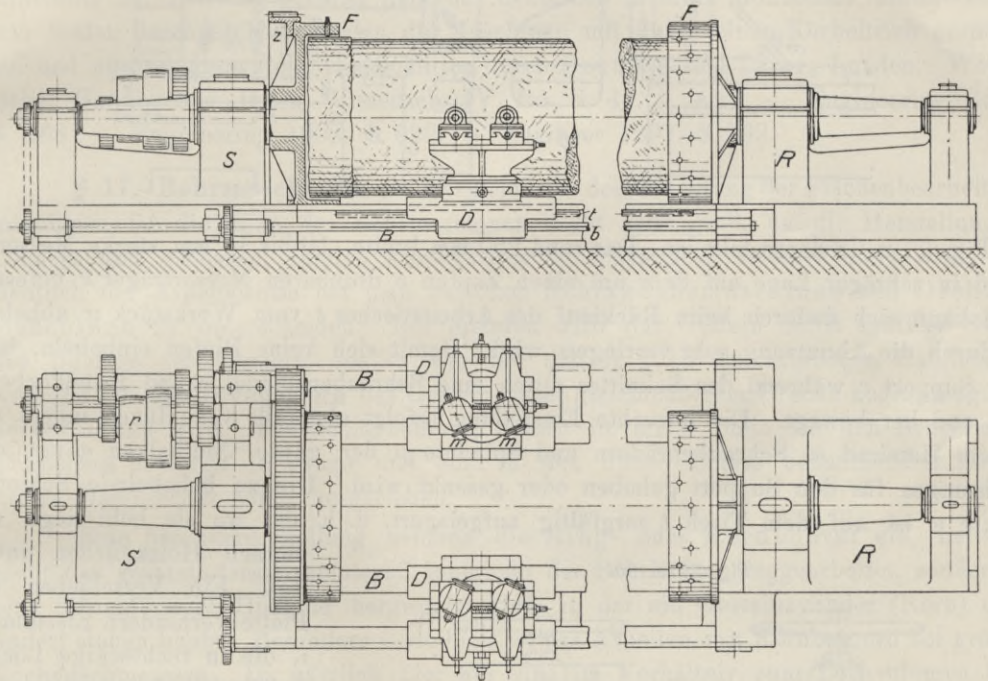
Mitnehmerbolzen *b*. Die Drehgeschwindigkeit wird bei Rollmessern bis 100 mm in der Sekunde, bei Diamantwerkzeugen bis 200 mm in der Sekunde und bei Spitzstählen gewöhnlich 75 bis 100 mm in der Sekunde, bei weichem Sandstein dagegen bis 600 mm in der Sekunde genommen. Mit Rücksicht auf den verschiedenen Durchmesser der Arbeitsstücke muss die Umdrehzahl derselben zwecks Einstellung der gewünschten Arbeitsgeschwindigkeit in weiteren Grenzen zu verändern sein. Es wird dies erreicht durch Antrieb mit Stufenriemenscheiben und Rädervorgelege wie bei Metalldrehbänken.

Als Beispiel des Aufbaues der Drehbänke ist in Fig. 75 u. 76 eine große Maschine zum Abdrehen von Säulen größter Abmessung wiedergegeben. Das Werk-



stück ist in Futter *F* gehalten. Der Antrieb ist aus den Figuren leicht zu ersehen. Das Bett *B* ist doppelt ausgeführt, um auf beiden Seiten arbeiten zu können. Die Bewegung der Bettschlitten *D* erfolgt durch eine Zugspindel *b* und feste Zahnstange *t*. Der Aufbau des Supportes ist aus der Figur ersichtlich. Zum Drehen kleinerer Säulen und Baluster sind die Drehbänke entsprechend leichter gebaut und meist mit Vorrichtungen versehen, um auch geschwelte und konische Teile nach Schablone drehen zu können. Zu dem Ende wird der auf dem Bettschlitten laufende Quersupport von seiner Bewegungsschraube gelöst und durch eine Rolle geführt, welche an einer am Bett befestigten hölzernen oder eisernen Schablone entlang läuft.

Fig. 75 u. 76.

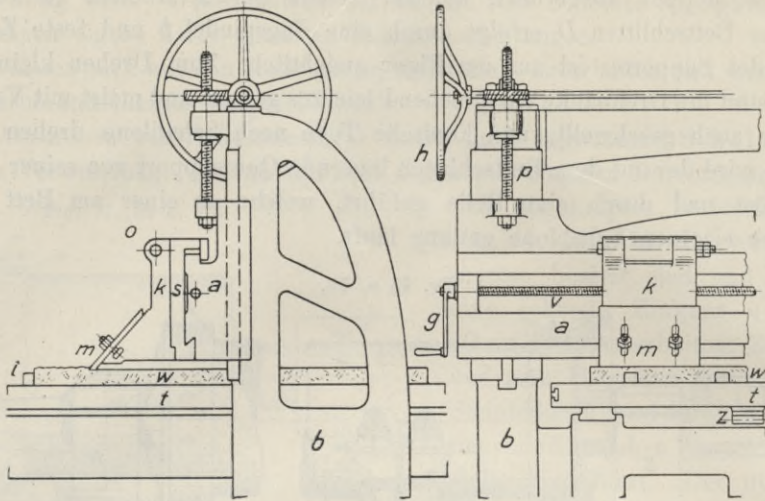


Durch den beim Drehen entstehenden feinen und scharfen Steinstaub findet eine rasche und starke Abnutzung der Gleitflächen der Drehbank statt, abgesehen von der Schädigung der Lungen der Arbeiter. Es sollte daher stets mit einer Absaugevorrichtung gearbeitet werden, welche, direkt über dem Werkzeug angebracht, den feineren Staub wegsaugt, die größeren abspringenden Steinstückchen dagegen zu Boden fallen lässt.

Auf den Drehbänken kann auch das Schleifen und Polieren der Werkstücke erfolgen durch von Hand oder mit besonderen Vorrichtungen bewegte Schleif- und Polierklötze. Die Gleitflächen der Drehbänke leiden aber sehr durch den Schleif- und Polierschlamm. In allen besser eingerichteten Werkstätten werden daher besondere Schleif- und Poliermaschinen, siehe § 19, 20, 21, verwendet.

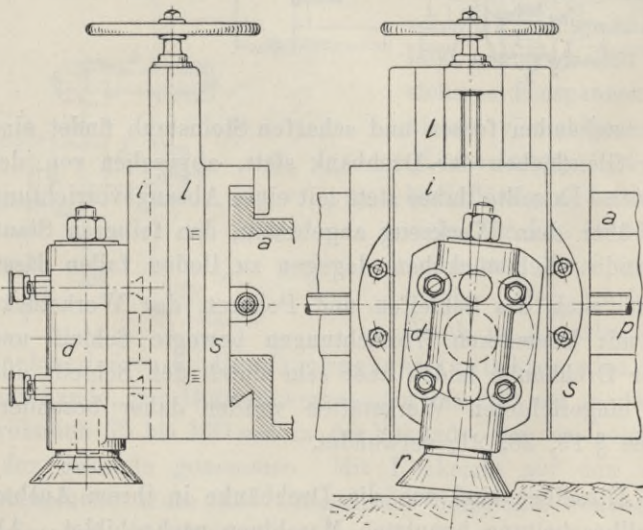
**§ 16. Hobelmaschinen.** Dieselben sind wie die Drehbänke in ihrem Aufbau fast vollkommen den in der Metallbearbeitung benutzten Maschinen nachgebildet. Als Werkzeuge kommen Hobelstähle oder Diamantwerkzeuge für weiches Gestein, Rollmesser für harte Materialien in Anwendung. Breite Hobelmesser kommen nur bei ganz weichem Material in Anwendung, so z. B. bei dem Abhobeln von Schieferplatten, was

Fig. 77 u. 78.



in Fig. 77 u. 78 dargestellt ist. Das rund 250 mm breite, 10 bis 15 mm starke Messer *m* wird in schräger Lage auf dem um einen Zapfen *o* drehbaren Messerträger *k* befestigt und kann sich dadurch beim Rücklauf des Arbeitstisches *t* vom Werkstück *w* abheben, wodurch die Abnutzung sehr verringert wird. Damit sich keine Riefen einholeln, wird der Support *s* während des Schnittes durch eine Schraubenspindel *v* und Handkurbel *g* hin und her bewegt. Die lotrechte Einstellung erfolgt ebenfalls von Hand, indem mit einem Handrad *h*, Schraubenrädern und Spindeln *p* der ganze Querbalken *a* mit den Führungen für den Support gehoben oder gesenkt wird. Die zu behobelnde Schieferplatte *w* ist auf dem Tisch *t* sorgfältig aufgelagert, d. h. da, wo sie hohl liegt, mit dünnen Holzkeilchen unterlegt. Ein Verschieben der

Fig. 79 u. 80.



Platte verhindern Eisennasen *i*, die in rechteckige Löcher desTisches eingesetzt werden. Der Tisch erhält wie bei Metallhobelmaschinen seine Bewegung durch eine Zahnstange *z* und entsprechende Kehrgetriebe. Dabei wird die Arbeitsgeschwindigkeit ungefähr 100 mm i. d. Sek. und die Rücklaufgeschwindigkeit bis 400 mm gewählt.

Eine Anordnung von Rollmessern für hartes Material zeigt Fig. 79 u. 80. Die Befestigung, Lagerung und

Arbeitsweise der Messer ist wie bei Drehbänken; siehe Fig. 69 u. 70. Der Durchmesser der Scheiben beträgt 100 bis 200 mm und die Arbeitsgeschwindigkeit 50 bis 100 mm i. d. Sekunde.

Die seitliche Schaltung nach jedem Schnitt erfolgt selbsttätig am Ende des Rücklaufes durch eine Schraube  $p$  und einstellbare Schaltgetriebe. Zur Einstellung des Rollmessers kann der Schlitten  $i$  durch Schraube und Handrad vertikal verstellt und der Rollmesserträger  $d$  nach Lösen der Halteschrauben um einen Zapfen gedreht werden.

An Stelle des Rollmesserträgers  $d$  kann auf dem Schlitten  $i$  ein Stahlhalter befestigt werden oder auch die Lagerung einer Spindel zur Vornahme von Schleifarbeiten.

Hobelmaschinen zur Bearbeitung größerer Flächen mit Rollmessern, bei welchen die Werkstücke nur die Schaltbewegung, die Rollmesser dagegen die Arbeitsbewegung erhalten, haben gegenüber der Flächenherstellung durch Sägeschnitte mit Stahlsand und dem Grobschleifen der gespitzten Flächen keine größere Verbreitung gefunden. Zur Erhöhung der Leistung schaltet man bei denselben mehrere Rollmesser hintereinander. Am besten durchgebildet wurden die Maschinen mit durch einen Kurbeltrieb geradlinig auf und ab bewegtem Rollmesserschlitten durch Brunton und Trier, London. Weiteres siehe: Handbuch d. Ingen.-Wissensch. IV. Bd. S. 42. 1. Aufl. — Engineering Bd. 56. S. 268. — Engineering 1900. S. 629. — Engineer 1897. S. 592.

**§ 17. Bohrmaschinen.** Im Vergleich mit der Bedeutung der Flächenbearbeitungsmaschinen ist diejenige der Bohrmaschinen nicht sehr groß, da die Herstellung von Löchern und größeren, runden Ausschnitten bei Bausteinen seltener nötig wird. Hinsichtlich der Arbeitsweise hat man zwischen Schlagbohrmaschinen und Drehbohrmaschinen zu unterscheiden. Bei ersteren wird das Gestein durch kräftige Schläge des Bohrers zertrümmert, ebenso wie bei den in § 13 beschriebenen Handbohrern, während bei den Drehbohrern das Gestein unter gleichmäßigem Drucke abgesprengt oder ausgeschliffen wird. Die Schlagbohrer kommen in erster Linie für den Bruchbetrieb, Tunnelbau u. dergl. in Frage und sind in den diese Gebiete behandelnden Kapiteln dieses Handbuches näher beschrieben.

Eine besondere Stellung nehmen die Ring- oder Kernbohrer ein, bei denen nicht das gesamte Gesteinsmaterial innerhalb des Bohrloches weggearbeitet, sondern nur eine röhrenförmige Höhlung hergestellt wird, in der ein Gesteinszylinder (Kern) unverändert stehen bleibt. Besonders vorteilhaft ist das Arbeiten mit Kernbohrern bei größeren Lochdurchmessern. Da nämlich hier nur eine im Verhältnis zum Lochvolumen kleine Gesteinsmenge weggearbeitet werden muss, so ergibt sich eine bedeutende Arbeitersparnis gegenüber den Bohrern, welche das gesamte dem Loch entsprechende Material wegnehmen. Ein weiterer Vorteil des Kernbohrers liegt darin, dass der Kern noch vielfach verwendet werden kann. Oft sogar ist die Gewinnung der Kernsäule der Endzweck. So werden namentlich kleinere zylindrische Marmorsäulen als Kerne aus den Blöcken herausgebohrt, was sich billiger stellt als das Herrichten der Blöcke und Abdrehen auf der Drehbank. Auch kleinere Schleifsteine und runde Platten werden vielfach mit Kernbohrern aus Platten ausgeschnitten.

Interessant ist es, dass das Kernbohren schon in vorgeschichtlicher Zeit zum Bohren von Löchern in Steinwerkzeuge benutzt wurde, wie vielfach gefundene, unfertige Stücke mit stehengebliebenem Kern zeigen. Man hat sich die Ausführung wohl so vorzustellen, dass Röhrenknochen mit umgeschlungener Sehne und Bogen gedreht wurden und mittels Sand das Gestein ausschleifen. Auch die Ägypter benutzten das Kernbohren, wie verschiedene Funde zeigen, und zwar ist aus allen Anzeichen zu schließen, dass sie ihre, wohl aus Bronze hergestellten Kernbohrer mit Diamanten besetzten; siehe auch Einleitung und § 2.

Heutzutage finden Kernbohrer mit Diamantbesatz die weiteste Verwendung sowohl bei Tiefbohrungen, als auch bei dem oben erwähnten Ausschneiden von Säulen, Schleifsteinen und Platten. Nur bei den weichsten Steinen können Ringbohrer mit Stahlschneiden zur Verwendung kommen, d. h. Stahlrohre, die sägezahnartig ausgeschnitten und gehärtet sind.

Diamantbohrer sind natürlich nur dann vorteilhaft, wenn viele Bohrungen bzw. Säulen von gleichem Durchmesser hergestellt werden können, andernfalls lohnen sich nicht die hohen Anschaffungskosten derartiger Werkzeuge. Man nimmt dann einfache Bohrröhre und schleift unter Zugabe von Sand, Stahlmasse, Karborund oder Schmirgel den Ringraum aus. Damit diese Schleifmittel zur Arbeitsstelle gelangen, bohrt man lotrecht nach unten und führt die Schleifmittel durch das Bohrrohr mittels Wasser in kleinen Mengen zu, weil sonst die Gefahr besteht, dass durch Ansammlungen von Schleifmaterial zwischen Bohrrohr und Kern dieses sich festklemmt. Auch beim Bohren mit Diamanten muss reichliche Wasserzugabe stattfinden, um den Bohrschlamm auszuspülen.

Fig. 81 u. 82.

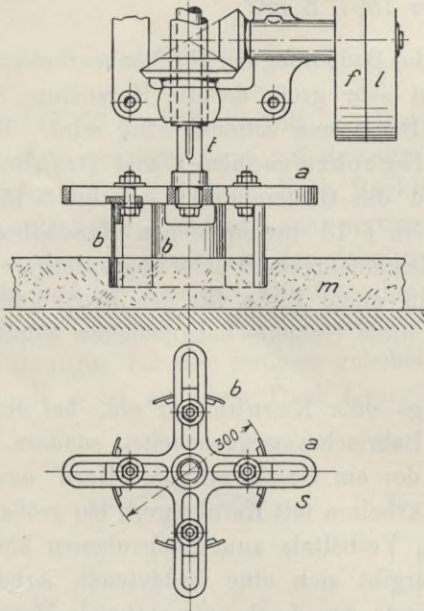
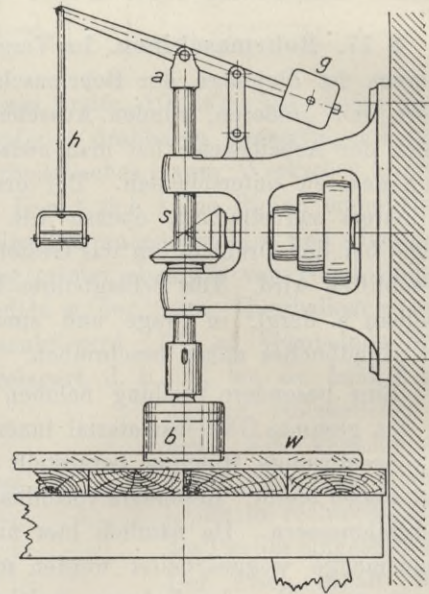
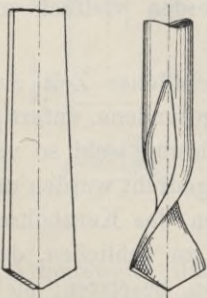


Fig. 85.



Für Bohrungen von geringer Tiefe werden einfachere, oben geschlossene Bohrer verwendet; siehe Fig. 85. Vielfach nimmt man alsdann auch in Rohrform gebogene, gelochte Bleche, da diese infolge ihrer Lochung dem Schleifmittel guten Zugang zur Arbeitsstelle ermöglichen. Die betreffenden Bleche werden an entsprechend abgedrehte, an der Bohrspindel befestigte Holzscheiben angeschraubt. Sie bieten den Vorteil, dass sie leicht für beliebige Durchmesser in der Werkstätte hergestellt werden, ebenso wie die in Fig. 81 u. 82 wiedergegebene Vorrichtung zum Ausschneiden von Platten. Dieselbe erfordert vier Blechstücke *b*, die der Krümmung des herzustellenden Ausschnittes entsprechend gebogen und an kleine Winkelstücke angenietet werden. Diese ihrerseits werden in Schlitzten eines an der Spindel *t* einer Bohrmaschine befestigten Armkreuzes *a* festgeschraubt.

Fig. 83 u. 84.



Bei weicheren Gesteinen und kleinen Lochdurchmessern finden an Stelle der Kernbohrer einfache Spitzbohrer Verwendung, von denen Fig. 83 u. 84 zwei Ausführungen zeigen. Natürlich versagen derartige Bohrer bei Granit und dergl. harten Gesteinen. Es müssen hier Schlagbohrer, siehe Fig. 64, verwendet oder die Löcher ausgeschliffen werden.

Die Bohrmaschinen für Spitzbohrer und für Ausführung von kleinen Kernbohrungen sind von einfacher Bauart. Eine der Ausführungen stellt Fig. 85 dar. Die kräftige, eventuell zwecks Wasserzuführung durchbohrte Spindel *s* wird durch einen Handhebel *h* vorgeschoben, auch kann durch Anhängen von Gewichten an *h* ein gleichmäßiger Vorschubdruck erzielt werden.

### III. Das Schleifen und Polieren.

§ 18. Allgemeines über das Schleifen der Steine. Dasselbe dient meist als Vollendungsarbeit zur Verbesserung der gesägten, gestockten oder scharrierten Flächen, um ein gleichmäßigeres Aussehen zu erzielen oder die Struktur und Farbe des Steines besser hervortreten zu lassen. Der Grad der Schleifarbeit ist verschieden, je nachdem es sich nur um Vernichtung von Spuren der vorhergehenden Bearbeitung oder um die Vorbereitung zum Polieren handelt. Daneben hat dann das Schleifen bei der Bearbeitung von Hartgesteinen eine große Bedeutung dadurch gewonnen, dass gespitzte Flächen soweit abgeschliffen werden können, dass sie sofort polierbar sind. Es wird dadurch das Stocken der Flächen von Hand erspart; siehe auch § 14.

Wegen der weitgehenden Zerteilung des Gesteins beim Schleifen ergibt sich zur Entfernung eines bestimmten Volumens ein recht hoher Kraftverbrauch im Vergleich zum Kraftaufwand bei Abnahme derselben Gesteinsmenge mit Rollmessern oder Meißeln. Dieselbe Erscheinung haben wir bei der Metallbearbeitung, wo ebenfalls der Kraftverbrauch zur Abnahme einer bestimmten Metallmenge mit der Feinheit der Späne zunimmt und ganz besonders hoch wird bei Anwendung von Schleifscheiben.

Die zur Verwendung gelangenden Schleifmittel sind verschieden je nach der Gesteinsart, den Strukturverhältnissen, der Farbe des Gesteins und darnach, ob von Hand oder mit Maschinen gearbeitet wird. Zur Anwendung gelangen: Quarzsand, Stahlsand, Schmirgel, Karborund, Sandstein, Bimstein und zwar in festen Stücken, als lose Körner oder mit entsprechenden mehr oder weniger festen Bindemitteln zu Schleifscheiben oder Walzen verarbeitet. Es wird mit grobkörnigem Schleifmaterial begonnen und stufenweise nach jedesmaliger gründlicher Abspülung der Flächen zu feinerem Schleifmittel übergegangen. Um die Schleifmittel unter den Schleifplatten gleichmäßig zu verteilen, und um eine starke Erhitzung und Staubentwicklung zu vermeiden, wird stets mit Wasserzugabe gearbeitet.

Sehr einfach gestaltet sich das Schleifen bei Sandsteinen. Als Schleifmittel dient ein Stück härteren Sandsteines, das, je nachdem ob ebene Flächen oder Profile geschliffen werden sollen, selbst eben oder entsprechend hohl bzw. gewölbt ist. Bei weichen Sandsteinen findet auch der bereits in § 13 erwähnte Hobel Anwendung. Da die Schleifarbeit schnell von statten geht und keinen großen Kraftaufwand erfordert, finden Schleifmaschinen fast nie Anwendung; nur auf der Drehbank bearbeitete Stücke werden auch auf dieser geschliffen.

Auch bei Schiefer ist das Schleifen einfacher Art, insofern als die Flächen nur mit feinem Flugsand oder Schmirgel überschliffen werden. Vielfach werden vom Hobeln

herrührende Scharten vorher mit etwa 5 cm breiten Stahlklingen mit etwas gebogener Schneide weggeschabt.

Bei Marmor muss das Schleifen, da es fast stets als Vorbereitung zum Polieren dient, viel sorgfältiger erfolgen. Es werden daher auch Schleifmittel mit immer feinerem Korn nacheinander verwendet. Bei Schleifen von Hand wird zuerst mit Stücken von hartem, feinkörnigem Sandstein geschliffen, der nicht einzelne gröbere Körner enthalten, nicht „kiesig“ sein darf. Viel benutzt wird hierzu sogenannter Gotland-Stein, d. h. ein grüner, silurischer Sandstein von der Insel Gotland. Dann folgt weitere Bearbeitung mit Bimsteinstücken und schließlich Schleifen mit feingeschlemmtem Schmirgel auf Lederballen. Öfter wird auch der Schmirgel oder feinsten Karborund mit Schellack, Gips oder Magnesit, siehe auch § 2, in handliche Schleifstücke gegossen.

Beim Schleifen des Marmors mit Maschinen findet Schmirgel, Karborund, Silber- sand und Bimstein Verwendung. Stahlsand wird, wie auch beim Sägen des Marmors, nicht genommen, da durch den entstehenden Rost Verfärbungen eintreten und verschlepte, gröbere Stahlkörner Riefen einreißen, welche eine ganze Platte entwerten können.

Fig. 86.

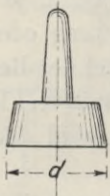


Fig. 87 u. 88.

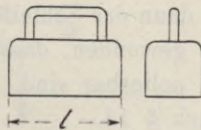


Fig. 89, 90 u. 91.

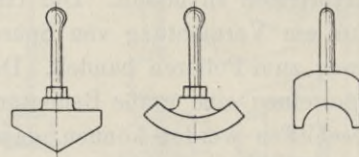


Fig. 92 u. 93.

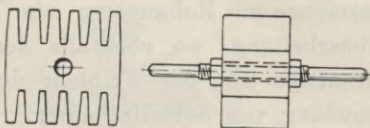
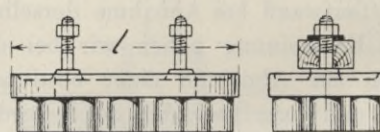


Fig. 94 u. 95.



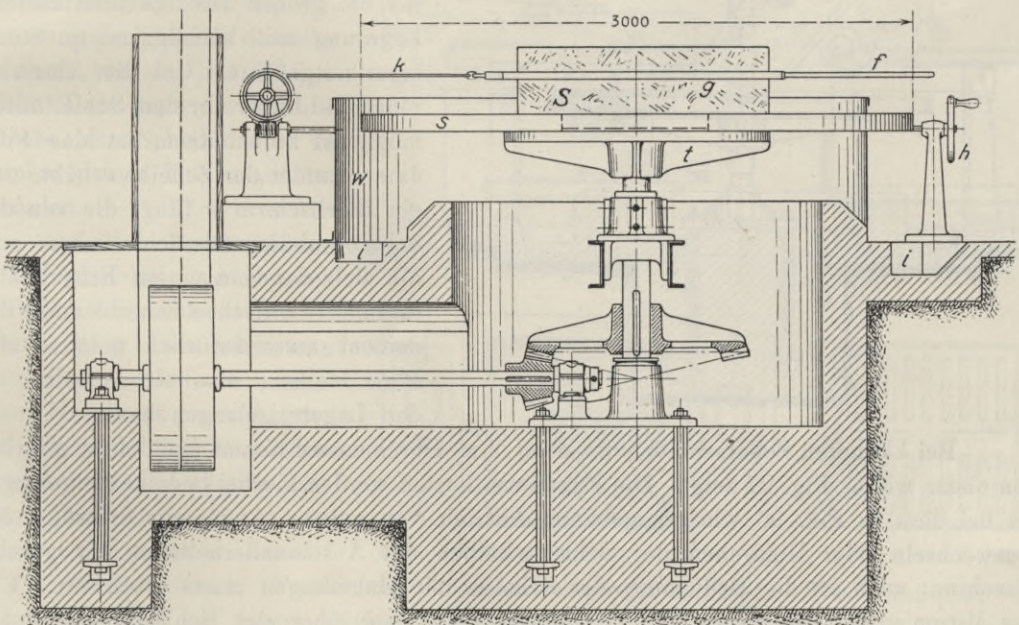
Bei Gesteinen wie Granit, Porphyr und dergleichen steigt die Schwierigkeit des Schleifens infolge der großen Härte derselben. Der Kraftaufwand wird auch ein sehr hoher, weshalb gerade hier das Maschinenschleifen die weiteste Anwendung gefunden hat. Als Schleifmittel finden Stahlsand, Schmirgel und Karborund Verwendung. Viele zurückgesetzte Flächen, Verkröpfungen, Profile u. s. w. lassen sich aber mit Schleifscheiben nicht bearbeiten und müssen noch von Hand geschliffen und auch poliert werden. Das Schleifen von Hand wird mit „Handschleifern“ ausgeführt, d. h. Schleifklötzen aus grauem Gusseisen oder Hartguss, deren Form der zu schleifenden Fläche angepasst wird. In Fig. 86 bis 95 sind einige Ausführungen derartiger Schleifklötze wiedergegeben. Viel benutzt werden die runden Klötze, Fig. 86, mit einem Durchmesser  $d$  zwischen 120 und 250 mm. Zum Ausschleifen von Kanten dienen prismatische Schleifer, Fig. 87 u. 88, mit einer Länge  $l$  von etwa 100 bis 250 mm. Bei Profilen müssen die Schleifklötze den Winkeln und Krümmungen genau entsprechen, Fig. 89, 90 u. 91. Die Handgriffe werden bei Hartguss angegossen, Fig. 86 u. 91, eingegossen, Fig. 87 u. 88 oder eingesteckt, Fig. 92 u. 93, bei Grauguss dagegen meist auswechselbar eingeschraubt, Fig. 89 u. 90. Zwecks besserer Zuführung des Schleifmittels werden die Schleifer auch vielfach mit Aussparungen versehen, Fig. 92 u. 93. Große Schleifer, Fig. 94 u. 95, werden aus dem gleichen Grunde ebenso wie Schleifscheiben für Schleif-

maschinen, Fig. 111 u. 112, mit runden Ansätzen ausgeführt. Das Gewicht derselben ist recht bedeutend und beträgt z. B. bei einer Länge  $l$  von 400 mm 30 bis 40 kg. Sie werden meist an ein starkes Holz mit entsprechenden Griffen angeschraubt und von zwei Arbeitern bewegt.

§ 19. Schleifen mit Maschinen. Hauptsächlich wegen des hohen Kraftverbrauches bei dem Schleifen und der damit zusammenhängenden geringen Leistung bei Handarbeit haben gerade hier die Maschinen weitgehende Anwendung in verschiedener Form gefunden, als Schurscheiben mit vertikaler oder horizontaler Achse, als Plattenschleifmaschinen mit selbsttätiger oder von Hand erfolgender Bewegung der Schleifscheibe, als Zugschleifmaschinen oder Schubgänge und Schleifmaschinen zur Anwendung von künstlichen Schleifscheiben.

Schurscheiben. Mit diesem Namen werden große, rotierende Schleifscheiben aus hartem Grauguss oder Hartguss bezeichnet. Dieselben sind meist horizontal angeordnet, und die Werkstücke werden mit der abzuschleifenden Fläche auf die Scheiben aufgelegt und durch besondere Vorrichtungen am Mitumlaufen verhindert. Zum Abschleifen der Kanten werden die Steine durch quer über der Schurscheibe liegende Balken entsprechend gestützt. Es können natürlich nur freiliegende, ebene Flächen geschliffen werden, nicht aber vertieft oder zwischen Wulsten u. s. w. liegende Flächen. Mit Rücksicht hierauf wird auch meist eine entsprechende Unterteilung der Werkstücke mit derartigen Flächen vorgenommen. Das Schleifen erfolgt mit Quarzsand oder Stahlsand von verschiedener Korngröße, seltener mit Karborund oder Schmirgel.

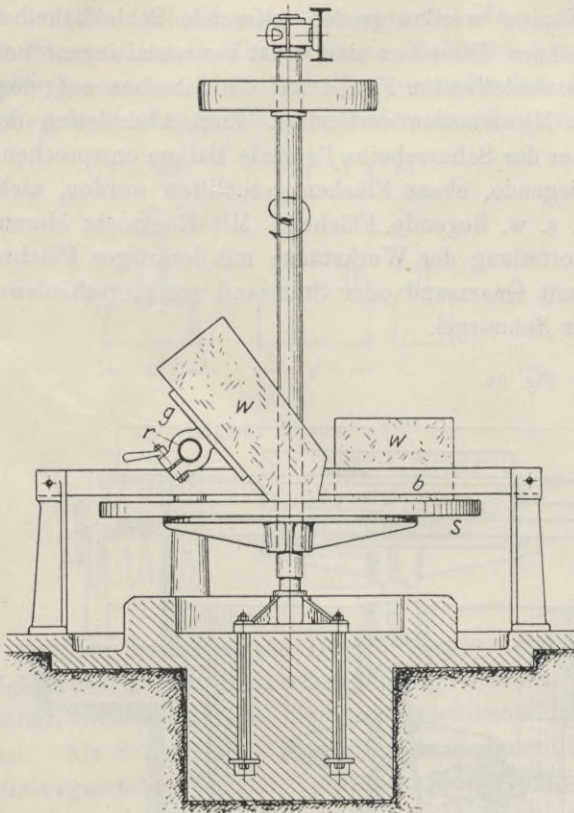
Fig. 96.



Die meist benutzte Bauart von Schurscheiben bis rd. 4 m Durchmesser gibt Fig. 96 wieder. Wie ersichtlich liegt die eigentliche Schleifscheibe  $s$  von etwa 50 mm Stärke auf einer kräftigen, mit Rippen versteiften Platte  $t$  auf und ist durch Schrauben mit versenkten Köpfen befestigt. Nach Abnutzung auf der einen Seite kann dieselbe um-

gewendet werden. In der Mitte erhalten die Schleifplatten eine größere Aussparung, weil dadurch der Guss derselben erleichtert wird. Schleifscheiben von den größten Abmessungen, 5 und 6 m Durchmesser, werden aus gleichem Grunde aus vier Quadrantstücken zusammengesetzt. Die Stützscheibe *t* hat dann ungefähr denselben Durchmesser und wird ihrerseits außen durch Rollen unterstützt, da durch die einseitige Lage der Werkstücke starke Biegemomente in die Scheibe kommen. Um eine gleichmäßige Abnutzung der Scheiben zu erhalten und das Entstehen von Riefen in denselben zu vermeiden, müssen die Werkstücke stets hin und her bewegt werden. Zu dem Ende werden sie mit einer Kette umschlungen oder liegen in einfachen Flacheisenhaltern *g*; siehe Fig. 96. Eine an diesen angreifende Kette *k* kann durch eine kleine

Fig. 97.



Schneckenwinde mit Handrad *h* verkürzt oder verlängert und so dem Stein *S* eine andere Lage gegeben werden. Die kräftig gehaltene Tragwelle läuft in einem nachstellbaren Halslager und einem kräftigen Spurlager, das wegen des großen Gewichtes der umlaufenden Teile und der Werkstücke hoch beansprucht wird und daher sorgfältigste Ausführung und Ölung erfordert. Für die größten Scheiben wird wegen der besseren Zugänglichkeit zu den Lagern die bei großen Drehscheiben übliche Lagerung mit hochliegendem Stützlager ausgeführt. Um die Antriebsräder und Lager vor dem Schleifmittel möglichst zu schützen, ist das Fundament unter der Scheibe erhöht, und ein Blechschirm *w* fängt die von der Scheibe abfliegende Schleifmasse auf, die sich dann in einem Ringkanal *i* sammelt. Zwischen Scheibe und Fundament muss natürlich noch so viel Platz bleiben, dass ein Arbeiter zu den Lagern gelangen kann.

Bei kleineren Schurscheiben bis etwa 2 m Durchmesser nimmt man meist Antrieb von oben, wie es Fig. 97 zeigt. Die Fundamentkosten werden hierbei bedeutend geringer als bei dem in Fig. 96 wiedergegebenen Antrieb von unten. Andererseits erfordert das Auswechseln oder Umdrehen der Schleifscheiben das Auseinandernehmen der ganzen Maschine; auch ist die Bedienung der Scheibe mit Hebezeugen etwas erschwert. Um das Mitumlaufen der Steine zu verhindern, liegt quer über der Schleifscheibe *s* ein Holzbalken oder Walzeisen *b* oder ein kräftiges Rohr *r*, an welchem eine Stützplatte *g* für die Steine in beliebigem Winkel festgeklemmt werden kann.

Eine Anzahl Schleifarbeiten, wie das Schleifen der Köpfe oder Kanten von langen Stücken lassen sich auf den horizontalen Schurscheiben schlecht oder gar nicht ausführen. Es finden dann vielfach solche mit vertikal stehender Schleifscheibe Anwendung.



Der Aufbau einer solchen ist in Fig. 98 wiedergegeben. Die Schleifplatte *S* mit einem Durchmesser von 600 bis 2000 mm ist fliegend an einem kräftigen Spindelstock angeordnet. Das Arbeitsstück liegt auf der horizontal und oft auch schräg einstellbaren Plattform *a* eines Wagens *b*. Dieser erhält durch besondere Kurbelgetriebe bezw. Schrauben mit Wendegetrieben eine hin und her gehende Bewegung von verschiedener Länge je nach der Schleifar-  
 arbeit. Die Einstellung und Anpressung des Werkstückes an die Schleifscheibe erfolgt durch Verschieben der Plattform mit Handrad *h* und Schrauben, die gleichmäßig durch Kettengetriebe *k* bewegt werden. Vielfach wird auch die Schleifscheibe mit Welle und Antriebsscheiben durch Gewichte und Hebel gegen das Arbeitsstück angedrückt. Infolge der Stellung der Scheibe ist die Zugabe des Schleifmittels umständlicher und die Schleifleistung geringer, da dasselbe schnell von der Scheibe abfällt. Dazu kann die Arbeitsfläche der Scheibe nur zu einem kleinen Teil ausgenutzt werden.

Fig. 98.

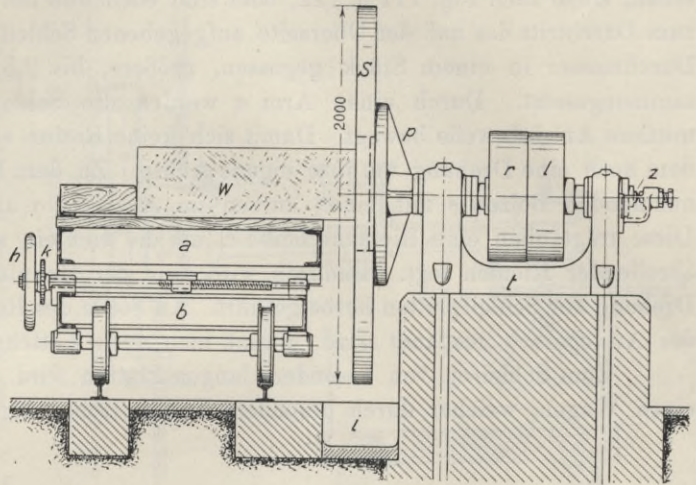
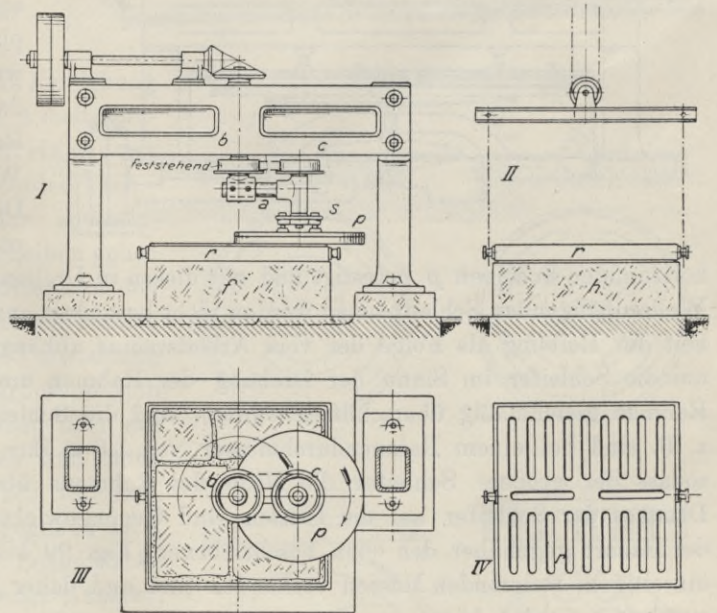


Fig. 99 bis 102.

Auf den beschriebenen Schurscheiben lassen sich Steinplatten schlecht schleifen, daher verwendet man für diese Schleifar-  
 arbeit meistens Maschinen nach Art der in Fig. 99 bis 102 wiedergegebenen. Die Platten werden mit Gips in einem Rahmen *r* gehalten, der auf dem abgeschliffenen Fundament *f* genau wagrecht aufliegt. Das Eingipsen der Platten erfolgt auf einem zweiten Fundament *h*. Auf diesem werden die Platten mit der zu schleifenden Fläche nach unten aufgelegt und der hölzerne oder eiserne Rahmen *r* so über dieselben gebracht, dass er noch einige Millimeter von dem Fundament absteht. Dann wird der Rahmen mit Gips ausgegossen, zu welchem Ende sein Boden mit größeren Schlitzen versehen ist; Fig. 102. Nach dem Erstarren des Gipses wird der Rahmen mit Hilfe eines Drehkranes gehoben, umgedreht und auf das Fundament der Maschine

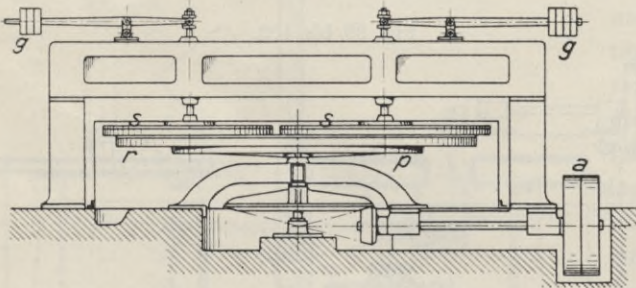


Das Eingipsen der Platten erfolgt auf einem zweiten Fundament *h*. Auf diesem werden die Platten mit der zu schleifenden Fläche nach unten aufgelegt und der hölzerne oder eiserne Rahmen *r* so über dieselben gebracht, dass er noch einige Millimeter von dem Fundament absteht. Dann wird der Rahmen mit Gips ausgegossen, zu welchem Ende sein Boden mit größeren Schlitzen versehen ist; Fig. 102. Nach dem Erstarren des Gipses wird der Rahmen mit Hilfe eines Drehkranes gehoben, umgedreht und auf das Fundament der Maschine

gebracht. Die zu schleifenden Flächen liegen dann, selbst wenn die Platten von sehr ungleicher Stärke waren, in einer horizontalen Ebene und können gleichmäßig geschliffen werden. Das Schleifen erfolgt mit großen, runden oder achteckigen Schleifplatten  $p$  aus Hartguss oder hartem Grauguss, die mit ihrem ganzen Gewicht aufliegen. Dieselben sind meist auf der Unterseite mit einer großen Zahl vorstehender, runder Ansätze versehen, siehe auch Fig. 111 u. 112, oder sind eben und mit einer Anzahl Schlitze versehen zum Durchtritt des auf der Oberseite aufgegebenen Schleifmittels. Sie werden bis 1,5 m Durchmesser in einem Stück gegossen, größere, bis 2,5 m, aus mehreren Stücken zusammengesetzt. Durch einen Arm  $a$  werden die Schleifscheiben im Kreise um die mittlere Antriebswelle bewegt. Damit sich keine Riefen einschleifen, erhalten sie außerdem noch eine Drehung um ihre eigene Achse. Zu dem Ende sind die die Scheibe mitnehmenden Bolzen  $s$  mit einer kurzen im Ausleger  $a$  angeordneten Welle verbunden. Diese trägt oben eine Riemenscheibe  $c$ , um die sich ein auf der feststehenden Scheibe  $b$  abrollender Riemen legt. Dadurch wird eine der Hauptdrehbewegung entgegengesetzte Drehung der Schleifplatten herbeigeführt. An Stelle des Riemens, der durch Verschiebung des Auslegers  $a$  gespannt wird, nimmt man auch Kettengetriebe oder Zahnräder.

Zum Schleifen von besonders langen Platten wird der Mauerklotz  $f$  ersetzt durch einen Wagen, welcher durch besondere Kehrgetriebe langsam hin und her bewegt wird.

Fig. 103.



In neuerer Zeit hat man auch die bei dem Schleifen von Spiegelglasplatten erprobten Maschinen zum Schleifen von Steinplatten verwendet; Fig. 103. Es werden hierbei die zu schleifenden Platten in großen, runden Rahmen  $r$  festgepist, in gleicher Weise, wie oben beschrieben. Diese Rahmen, bis 5 m Durchmesser, werden auf großen,

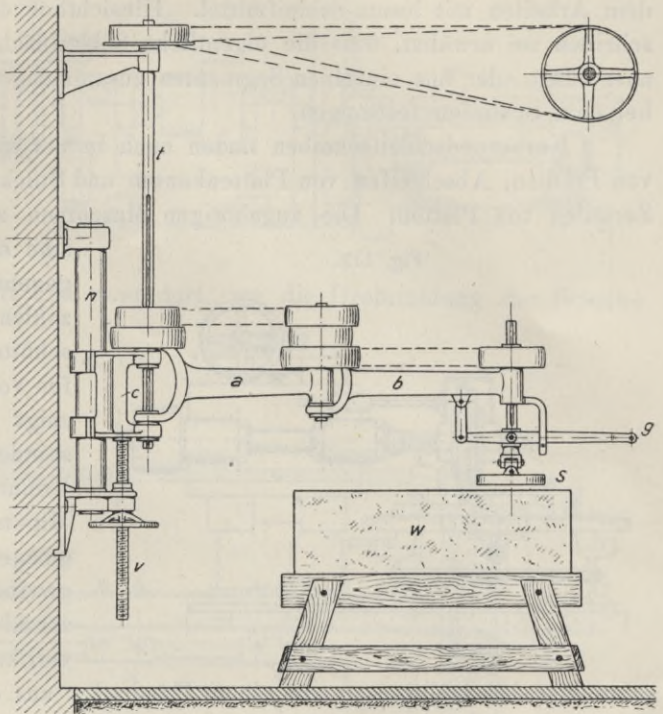
horizontalen Scheiben  $p$  befestigt und mit diesen in Drehung versetzt. Die an vertikalen Wellen hängenden Schleifplatten werden nicht besonders angetrieben, da die Verschiedenheit der Reibung als Folge der vom Arbeitsradius abhängigen Geschwindigkeit genügt, um die Schleifer im Sinne der Drehung der Rahmen umlaufen zu lassen. Damit die Rahmen gleichmäßig überschleift werden, sind die Schleifer von verschiedener Größe, z. B. sind bei einem Rahmendurchmesser von 3,6 m ihre Durchmesser 2,1 und 1,7 m, sodass der größere Schleifer die Mitte des Rahmens überschleift. Zur Regelung des Druckes der Schleifer auf die Platten sind Gegengewichte  $g$  vorgesehen. Der Vorteil der Bauart gegenüber den oben beschriebenen, Fig. 99 bis 102, liegt darin, dass keine einseitigen, rotierenden Massen vorhanden sind und daher mit größerer Geschwindigkeit gearbeitet werden kann.

Die beschriebenen Schleifmaschinen für Platten dienen auch meist zum Polieren derselben. Es werden hierzu die Platten sorgfältig von dem Schleifmittel gereinigt und die Schleifscheiben durch entsprechende Polierscheiben ersetzt; siehe § 21.

Das Schleifen stärkerer Stücke, welche nicht auf Plattenschleifmaschinen bearbeitet werden können, wird, soweit nicht Schurscheiben Verwendung finden, auf Maschinen von der in Fig. 104 wiedergegebenen Bauart (Auslegerschleifmaschinen) vorgenommen. Die Schleifspindel ist hierbei im Ende eines Auslegers  $b$  gelagert, der mit

einem zweiten Dreharm *a* gelenkig verbunden ist, sodass mit der Schleifscheibe leicht eine größere Fläche bestrichen werden kann. Durch den Einbau von Kugellagern wird das Verschieben der Schleifscheibe noch erleichtert. An der Schleifspindel ist die Schleifscheibe *s* mittels eines Cardan-Gelenkes befestigt, damit auch etwas schräg liegende Flächen geschliffen werden können. Durch einen Hebel *g* kann die Schleifscheibe mit der Spindel gehoben oder auf den Stein *w* gepresst werden. Die richtige Höheneinstellung wird dadurch erreicht, dass der Arm *a* an einem Schlitten *c* drehbar ist, der mittels einer Schraube *v* vertikal verstellbar ist. Der Antrieb der Schleifspindel erfolgt durch Rie-

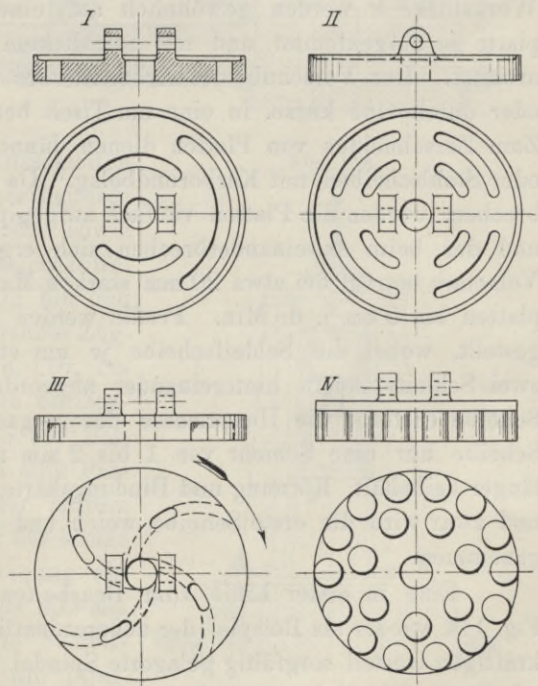
Fig. 104.



men, von denen der eine zwecks Erreichung einer größeren Umdrehzahl der Arbeitsspindel zum Zweck des Polierens auf ein anderes Riemenscheibenpaar verlegt werden kann.

Einige Ausführungen der zur Anwendung kommenden Schleifscheiben geben Fig. 105 bis 112 wieder. Dieselben bestehen für das Schleifen von harten Steinen mit Stahlsand aus Hartguss, bei Verwendung von Sand, Schmirgel und Karborund zum Schleifen von weicheren Steinen aber aus hartem Grauguss. Die Scheiben sind unten entweder glatt und mit Schlitzeln versehen, durch die das Schleifmittel zugegeben wird, Fig. 105 bis 110, oder die Schleiffläche besteht aus einer Anzahl runder Ansätze; Fig. 111 u. 112. An Stelle dieser Scheiben mit in losem Zustande zugeführtem Schleifmittel finden auch Scheiben mehr und mehr Verwendung, die aus Schmirgel, Karborund oder Bimstein mit keramischer oder Magnetitbindung hergestellt sind. Sie haben den Vorteil, dass das Zugeben des Schleifmittels

Fig. 105 bis 112.

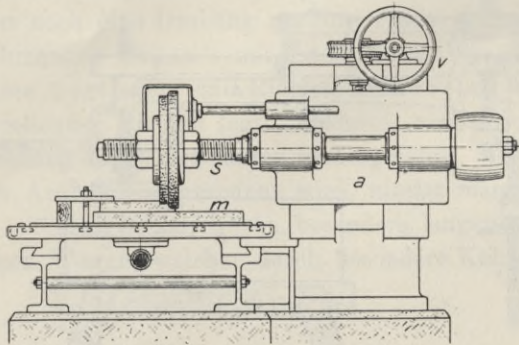


wegfällt und durch reichliche Wasserzugabe die Schleifstelle rein gehalten werden kann und dadurch ihr Zustand jederzeit erkenn-

bar ist. Die erzielten Leistungen sind deswegen auch etwa ein Drittel höher wie bei dem Arbeiten mit losem Schleifmittel. Hinsichtlich der Form der betreffenden Schleifscheiben sei erwähnt, dass die eigentliche Schleiffläche als Ringfläche mit Einschnitten ausgeführt oder aus einzelnen Segmenten zusammengesetzt wird, da volle Scheiben sich bei dem Schleifen festsaugen.

Karborundscheifscheiben finden auch immer mehr Anwendung zum Ausschleifen von Profilen, Abschleifen von Plattenkanten und Stücken für Einlegearbeiten, sowie zum Zerteilen von Platten. Die zugehörigen Maschinen zeigen recht verschiedene Bauart,

Fig. 113.



sind aber meist noch zu leicht gebaut gegenüber den durch die hohen Umlaufzahlen der Schleifspindeln veranlassten Erschütterungen. Eine Maschine zum Schleifen von Profilen und Zerteilen von Platten zeigt Fig. 113. Die kräftige Schleifspindel derselben ist wegen der hohen Umlaufzahl, etwa 1200 bis 2000 in der Minute, sorgfältig in einem Schlitten *a* gelagert und trägt ein längeres Flachgewinde, um die Schleifscheiben horizontal einstellen zu können, während die vertikale Einstellung durch Auf- und Ab-

schrauben des Schlittens *a* von einem Handrad *v* aus erfolgt. Eine leichtere, horizontale Einstellung und geringere Ausladung der Schleifspindel wird erreicht durch Lagerung der Spindel auf einem auf dem Schlitten *a* verschiebbaren zweiten Schlitten. Die Werkstücke *w* werden gewöhnlich auf eine auf dem Arbeitstisch festgekippte Steinplatte *m* aufgeklemt und mit reichlichem Zufluss von Wasser zur Arbeitsstelle bearbeitet. Der Vorschub des Arbeitstisches erfolgt durch eine lange Schraubenspindel oder durch eine kurze, in eine am Tisch befestigte Mutterplatte eingreifende Schraube. Zum Zerschneiden von Platten dienen dünne Karborundscheiben von etwa 8 mm Stärke oder Stahlscheiben mit Karborundbelag. Da die unteren Kanten der Platten leicht ausbrechen, werden die Platten vielfach aufgekippt oder nur bis etwa  $\frac{3}{4}$  mm durchschnitten und der beim Auseinanderbrechen sich ergebende Grat besonders abgearbeitet. Der Vorschub beträgt bei etwa 20 mm starken Marmorplatten bis 50 cm i. d. Min., bei Granitplatten bis 5 cm i. d. Min. Profile werden meist mit mehrmaligem Überschleifen hergestellt, wobei die Schleifscheibe je um etwa  $\frac{1}{2}$  mm gesenkt wird. Vielfach werden zwei Schleifspindeln hintereinander angeordnet. Die auf der ersten Spindel sitzende Scheibe entfernt die Hauptmasse des wegzunehmenden Materiales, sodass die zweite Scheibe nur eine Schicht von 1 bis 2 mm abzuschleifen hat und daher die Profilform länger beibehält. Körnung und Bindungshärte der Scheiben sind entsprechend zu wählen, und zwar wird die erste Scheibe weich und grobkörnig, die zweite hart und feinkörnig genommen.

Eine in erster Linie zum Bearbeiten von Plattenkanten gebaute Maschine gibt Fig. 114 wieder als Beispiel der außerordentlich mannigfaltigen Bauarten. Eine in einem kräftigen Gestell sorgfältig gelagerte Spindel trägt auf beiden Enden fliegend die Schleifscheiben. Die links angeordneten, leicht auswechselbaren Scheiben dienen zum Runden der Kanten, während die rechts befindliche Scheibe zum geraden Abschleifen der Plattenkanten benutzt wird. Zur Führung der Platten dient links ein dem Durchmesser der

Scheiben entsprechend in der Höhe einstellbarer Tisch mit Winkellineal. Auf der anderen Seite werden die Platten auf einem niederen Wagen gelagert, dessen Führung nicht ganz einen rechten Winkel mit der Achse der Schleifspindel bildet, damit die Schleifscheibe nur an einer Seite

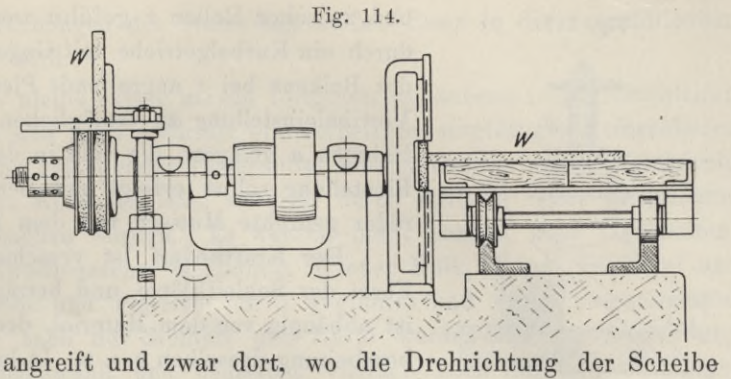
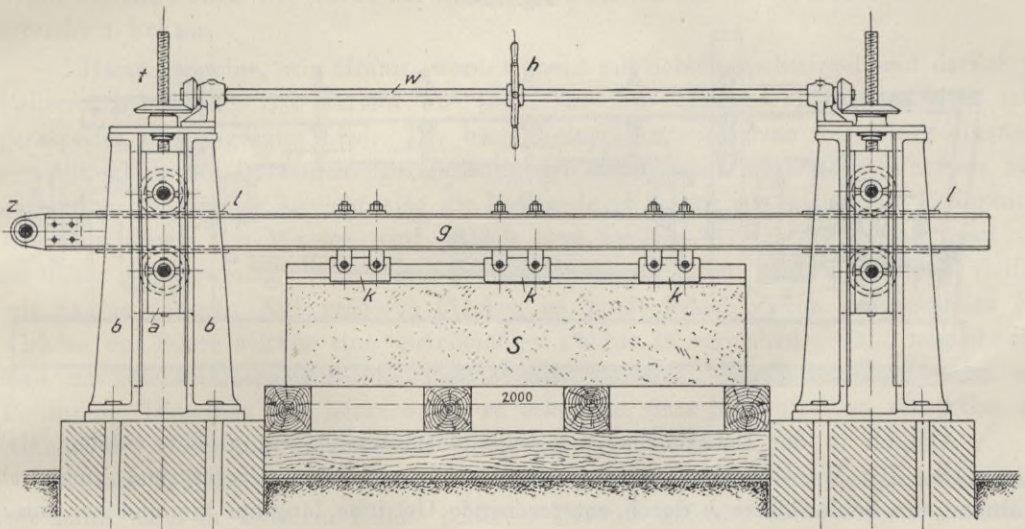


Fig. 114.

angreift und zwar dort, wo die Drehrichtung der Scheibe nach unten weist.

Fig. 115.



**§ 20. Zugschleifmaschinen.** Zum Ausschleifen der von Hand oder auf Hobelmaschinen vorgearbeiteten geraden Profile und zum Polieren derselben, sowie zum Polieren der mit Karborundscheiben ausgeschliffenen Profile werden Maschinen mit geradlinig hin und her bewegten Schleif- und Polierklötzen sogenannte Zugschleifmaschinen oder Schubgänge, Fig. 115 u. 116, benutzt. Das auszuschleifende Profil wird genau horizontal gelegt und zu dem Ende das Werkstück *S* auf Balken oder einen niederen Wagen gelagert. In dem Profil werden Schleifklötze *k* aus Hartguss oder hartem Grauguss hin und her bewegt, deren Zahl von der Länge des Profils (bis 4 m) und der Größe der Bewegung abhängt. Gewöhnlich beträgt der Hub 400 bis 800 mm und die Hubzahl 40 bis 60 i. d. Min. Die Schleifklötze hängen in Bügeln, siehe Fig. 117, die ihrerseits an einem horizontalen Balken *g* angeklemt werden. Dieser besteht meist aus zwei Walzeisen, welche durch aufgenietete Platten *l* in festem Abstand gehalten

Fig. 116.

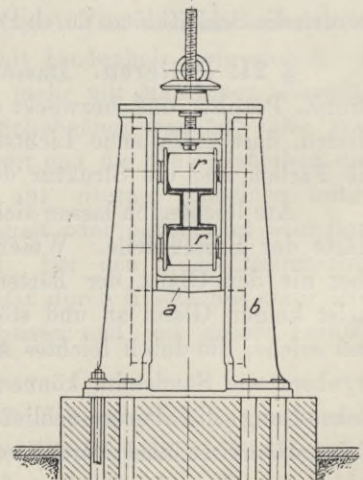
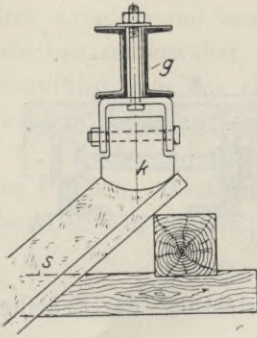


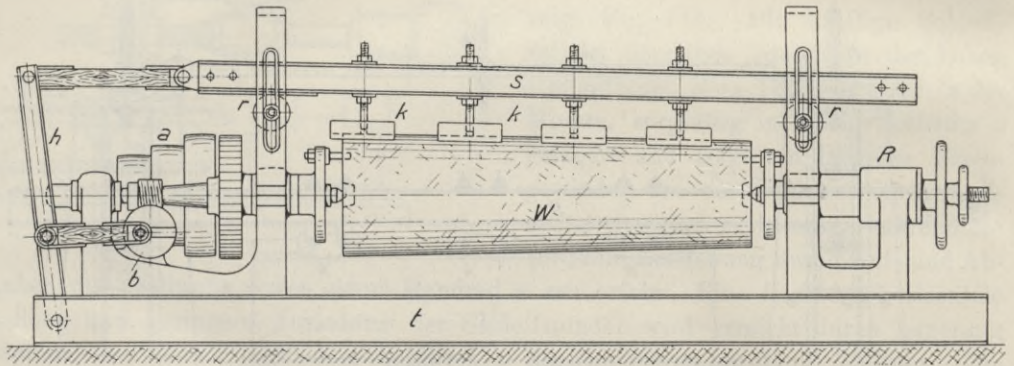
Fig. 117.



und zwischen Rollen  $r$  geführt werden. Die Bewegung erfolgt durch ein Kurbelgetriebe mit Gegengewicht und eine am Ende des Balkens bei  $z$  angreifende Pleuelstange. Um eine genaue Vertikaleinstellung zu ermöglichen, sind die Führungsrollen in Rahmen  $a$  gelagert, die sich in den Ständern  $b$  führen. Die Einstellung selbst erfolgt mit Schrauben  $t$  und durch Kegelfäden gedrehte Muttern von dem Handrade  $h$  aus.

Der Kraftbedarf ist verschieden je nach der Zahl und Form der Schleifklötze und beträgt bis 4 PS. Die Leistung ist abhängig von dem Material, der Form des Profils, der Vorbearbeitung desselben u. s. w. In hartem Granit werden bei einfachem Profile in 10 Std. ungefähr 3 m geschliffen und poliert.

Fig. 118.



Ähnlich in der Bauart sind die Zugschleifmaschinen für größere Säulen, siehe Fig. 118. Die Werkstücke  $w$  werden hier zwischen Spitzen gelagert und umgedreht, während die Schleifklötze  $k$  durch entsprechende Getriebe langsam hin und her bewegt werden, um das Einschleifen von Riefen zu vermeiden. Nur bei dem Ausschleifen von Profilen bleiben die Schleifklötze an derselben Stelle stehen. Zum Polieren der Säulen werden die Schleifklötze durch Polierklötze ersetzt und die Werkstücke schneller umgedreht.

**§ 21. Polieren.** Dasselbe wird in erster Linie ausgeführt bei Marmor, Serpentin, Granit, Porphyr und bezweckt die Steinoberfläche spiegelnd zu machen, d. h. soweit zu glätten, dass auffallende Lichtstrahlen nicht zerstreut werden. Es kommen dann erst die Farben und die Struktur der Steine zur vollen Wirkung.

Am leichtesten lassen sich polieren möglichst dichte Gesteine mit ungefähr gleicher Härte der Bestandteile. Weiche Teilchen werden am schnellsten spiegelnd, erreichen aber nie den Glanz der härteren Mineralien. In Zersetzung begriffene Teile nehmen meist keinen Glanz an und stören die Politur des Steines sehr. Stärker poröse Steine und solche, die durch leichtes Auspringen von kleinen Teilchen eine narbige Oberfläche ergeben, wie Sandstein, können nicht poliert werden, falls man nicht durch besondere Behandlung die Poren schließt bzw. den Stein künstlich härtet; siehe auch § 22. Feine Haarrisse und Poren werden meist schon durch das Poliermittel genügend geschlossen. Zum Ausfüllen zufälliger kleiner Löcher und Risse hat man verschiedene Mittel, z. B. einen Kitt aus Magnesit und Chlorkalzium mit Zusatz von zerkleinertem Steinmaterial oder, besonders bei Marmor, verschieden gefärbte Schellackstangen, von

denen etwas je nach den Färbungen des Steins mit heißen Eisen in die auszufüllenden Höhlungen eingeschmolzen wird.

Das Polieren ist nun nichts weiter als ein fortgesetztes, äußerst feines Abschleifen aller kleinen Unebenheiten und setzt natürlich ein vorheriges sorgfältiges Feinschleifen voraus. Die zur Verwendung gelangenden Poliermittel müssen außerordentlich feinkörnig und unbedingt ohne gröbere Körnchen sein, da diese durch stärkere Materialwegnahme Kratzen und Riefen verursachen würden. Es werden meist benutzt zum Vorarbeiten: geschlammter Schmirgel, Knochenasche, Holzkohle, Wiener Kalk, Tripel, Schwefel und zum Glanzpolieren: Zinnasche und Polierrot, d. h. geglühtes und feinst geschlammtes, künstliches Eisenoxyd. Je nach der Steinart und Härte werden die zur Anwendung kommenden Poliermittel ausgewählt und denselben vielfach noch Zusätze von Alaun, Schwefelsäure u. s. w. gegeben, die chemisch auf das Steinmaterial einwirken. Die damit erzielte Politur hat jedoch nie den Wert einer nur durch mechanisches Abschleifen erreichten Politur.

Harte Gesteine, wie Granit, werden meist mit Schlämmschmirgel und darauf mit Polierrot behandelt. Bei Marmor wird ebenfalls mit Schmirgel vorpoliert, dem meist geraspeltes Blei zugesetzt wird. Die beste Feinpolitur wird dann mit reiner Zinnasche erreicht. Polierrot ist wegen Beeinflussung der meist hellen Farben des Marmors nicht anwendbar. Schneller erreicht wird die Politur durch Zusatz von Alaun zum Poliermittel. Bei Einwirkung von Wasser wird jedoch eine derartig hergestellte Politur matt und ist daher minderwertig. Auf den Schmalseiten von Platten wird auch noch vielfach mit Säuren poliert. Auf größeren Flächen ist damit jedoch wegen des schnellen Einwirkens der Säure schwer eine gleichmäßige Politur zu erreichen. Ganz minderwertig sind die durch Überziehen der Fläche mit Schellack, Wachs u. dergl. erhaltenen Polituren. Dieselben sind leicht daran zu erkennen, dass bei Aufreiben von Äther und Alkohol der Glanz durch Lösen des Überzuges verschwindet.

Dem Einfluss der Witterung widersteht nur die Politur von Hartgesteinen. Daher sollte auch in unserem Klima polierter Marmor auf das Innere der Gebäude beschränkt bleiben.

Zur Ausführung der Politur werden die oben genannten Poliermittel meist unter Wasserzugabe mittels Bleiplatten, oder Ballen von Filz, Leder, fest zusammengewickelttem Leinen, auf Holz gespanntem Filz oder Fries oder mit Lindenholz aufgerieben. Die Arbeit ist recht anstrengend und wird deshalb immer mehr mit Maschinen ausgeführt. Als solche werden meistens die Schleifmaschinen, und Schubgänge benutzt. Die Werkstücke werden gründlich von den Schleifmitteln gesäubert und die Schleifscheiben durch gleich große Polierscheiben ersetzt. Diese bestehen aus eisernen Scheiben mit angeschraubtem Holzbelag, auf welchen Polierfilz aufgenagelt oder aufge kittet oder Baumwollseil bezw. Hanfseil in Spiralen aufgenagelt wird. Bei den Zugschleifmaschinen werden die Schleifklötze zum Zweck des Polierens ersetzt durch Klötze aus einer leichtflüssigen Legierung, die dem Profil entsprechend gegossen und mit grober Leinwand überzogen werden.

**§ 22. Besondere Behandlungsverfahren.** Zu diesen sind zu rechnen die Verfahren zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit, das Vergolden, Färben, Ätzen und Bearbeiten mit Sandstrahlen.

Unter dem Einfluss der Atmosphäre zeigen eine Anzahl Gesteine, besonders Kalksteine und Sandsteine, vielfach starke Zerstörungserscheinungen. Zur Verringerung der-

selben, namentlich zwecks Erhaltung von Kunstdenkmälern, sind geeignete Schutzmittel von hoher Bedeutung. Dieselben müssen die Poren der Steine schließen, um die Angriffsfläche für die Atmosphäre zu verringern, und ferner durch chemische Umänderung der Oberflächenschichten diese selbst härter und widerstandsfähiger machen. Das zuverlässigste Mittel hierzu, besonders bei Kalksteinen und Sandsteinen mit kalkigem Bindemittel, scheint das Fluatieren zu sein, d. h. das Behandeln der Steinflächen mit entsprechenden in Kieselfluorwasserstoffsäure gelösten Salzen. Das Verfahren, welches neben anderen Verfahren eingehend beschrieben ist in einer Schrift von H. Hauen-schild: „Die Kessler'schen Fluat“, ermöglicht auch das Polieren poröser Kalksteine, da die Poren derselben durch die Behandlung geschlossen werden. Viel weniger zuverlässig als das Fluatieren sind die Verfahren, nach welchen die Steinflächen nur mit einem widerstandsfähigeren Material, wie z. B. Wasserglas, überzogen werden.

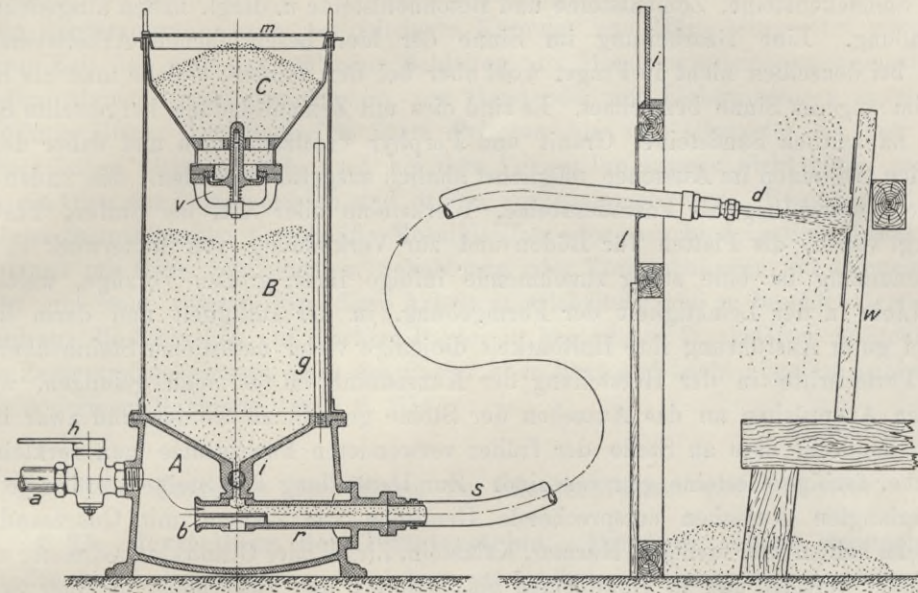
Eine Vergoldung von Steinflächen kommt vielfach bei Inschriften oder Flächenverzierungen in Frage. Die Ausführung erfolgt derart, dass Blattgold, Goldpulver oder unechtes sogenanntes Musivgold (eine Zinnschwefelverbindung) auf entsprechende vorher aufgebrauchte und bei Glanzvergoldung mit Achaten geglättete Grundmassen aufgetragen wird. Ebenso werden auch Versilberungen ausgeführt. Näheres über die Verfahren bringt ein kleines Werk: M. Weber, *Der Marmor*, Leipzig 1909. Bei Marmor wird auch zuweilen eine künstliche Farbgebung vorgenommen, obwohl selten die Schönheit des Marmors dadurch erhöht werden dürfte. Die in Frage kommenden Verfahren sind in der erwähnten Schrift von M. Weber eingehend behandelt, ebenso ist daselbst näheres über das Ätzen von Steinen zu finden.

Zum Ausarbeiten von Schriften oder Verzierungen innerhalb polierter Flächen oder zur Herstellung von flachen Reliefs finden Sandstrahlapparate weitgehende Verwendung. Bedingung für ihre Anwendung ist allerdings, dass die Steine gleichmäßige Härte besitzen, da Ungleichheiten in derselben eine Verschiedenheit im Angriff des Sandstrahles veranlassen und sich deutlich verzeichnen. Bekanntlich wird ja auch gerade das Sandstrahlverfahren zur Prüfung der Härte und Gleichmäßigkeit von Steinen benutzt. Das Verfahren besteht darin, dass feiner Quarzsand mittels Pressluft oder Dampf durch eine Düse auf die zu bearbeitende Fläche geschleudert wird. Die lebendige Kraft der mit großer Geschwindigkeit auftreffenden Sandkörnchen wird nun bei hartem und sprödem Gestein auf sehr kleinem Wege vernichtet. Dies veranlasst das Auftreten hoher Drücke zwischen Sandkorn und Auftreffstelle und damit das Absprengen kleinster Steinteilchen; siehe auch § 12. Die Wirkung ist um so stärker, je spröder das Material ist. Bei weichen Körpern dringen die Sandkörnchen tiefer ein, die Drücke werden entsprechend kleiner und bewirken meist nur elastische Deformationen des Materiales. Infolgedessen können derartige Körper zum Abdecken solcher Stellen der Steine benutzt werden, welche unverändert bleiben sollen. Sie werden der herzustellenden Schrift oder Verzierung entsprechend ausgeschnitten und auf den Stein aufgeklebt oder anderswie befestigt. Für öftere Benutzung dienen Kautschukplatten, Vulkanfaser, Zinkblech, Karton, für einmalige Verwendung weiches Papier, das mit einem Gemisch von Leim und Glycerin bestrichen ist, um es genügend elastisch zu machen. Derartige Papiere finden viel Verwendung bei Herstellung von Inschriften und Verzierungen. Das auf den Stein aufgeklebte Papier wird mit Gips eingerieben und die Buchstaben u. s. w. aufgezeichnet, ausgeschnitten und ausgehoben. Der auftreffende Sandstrahl greift dann nur das offen liegende Material an. Werden Schriften tiefer ausgearbeitet, so entstehen Vertiefungen mit annähernd trapezförmigem Querschnitt, während eingemeißelte Schriften



einen dreieckigen Querschnitt mit scharfer Bodenlinie aufweisen. Daher werden die eingeblasenen Querschnitte meist von Hand nachgearbeitet, eventuell auch seitlich mit Zementmassen gefüllt, besonders wenn diese durch nachherige Vergoldung verdeckt werden.

Fig. 119.



Die Bauarten der Sandstrahlapparate sind recht verschieden (siehe auch Knacke. Über Sandgebläse. Werkstattstechnik 1909. S. 517); meist wird aber bei Bearbeitung von Steinen mit dem sogenannten Drucksystem gearbeitet. Dasselbe ergibt hohen Nutzeffekt, und es kann durch Ändern der Luftpressung leicht der jeweilig zu leistenden Arbeit und dem Material angepasst werden. Eine einfache Sandstrahlanlage besteht nun aus einem kleinen Luftkompressor mit Sammelbehälter für die Druckluft, einem Apparat zur Einführung des Sandes in den Pressluftstrom und entsprechenden Leitungen mit Düsen. In Fig. 119 ist ein einfacher Sandzuführungsapparat nach dem Drucksystem wiedergegeben. Der auf das Sieb *m* aufgegebene Sand fällt zuerst in den Trichter *C* und von da durch ein Ventil *v* in den Raum *B*. Wird die Pressluft durch den Hahn *h* zugelassen, so kommt auch der Raum *B* infolge eines kleinen Rohres *g* unter Druck und das Ventil *v* wird geschlossen. Nach Öffnen des Regulierhahnes *i* rieselt der Sand in feinem Strahl auf ein Einsatzblech *b* in dem Rohr *r* und wird von dem Luftstrom mitgerissen und durch einen Kautschukschlauch *s* mit Stahldüse *d* zur Arbeitsstelle geführt. Das Werkstück *w* wird gewöhnlich in einem abgeschlossenen Raum aufgestellt, sodass der Arbeiter vor dem Steinstaub geschützt ist. Dieser wird durch einen Exhaustor abgesaugt, damit der Arbeiter durch ein Fenster *i* das Werkstück deutlich sehen kann. Der Schlauch *s* wird leicht beweglich durch Schlitze in einer Leder- oder Kautschukscheibe *l* in den Arbeitsraum eingeführt.

Eine sehr beachtenswerte Anwendung findet das Sandstrahlverfahren in neuerer Zeit bei der Reinigung ganzer Sandsteinfronten. Als besonderer Vorteil erweist sich dabei der Umstand, dass mittels des Sandstrahles leicht alle Winkel und Vertiefungen von Gesimsen und Ornamenten gereinigt werden können. Leider ist das Verfahren für die Reinigung von Backsteinfassaden nicht anwendbar, da die Fugen zu stark aus-

geblasen und die Steinoberflächen rauh werden, was zur Folge hat, dass der Schmutzansatz in kurzer Zeit stärker als zuvor ist.

**§ 23. Bearbeitung von Kunststeinen.** Künstliche Steine aus gebranntem Ton in Gestalt von Backsteinen, Fliesen, Terrakotten u. s. w., ferner Kalksandsteine, Schwemmsteine, Schlackensteine, Zementsteine und Betonhohlsteine u. dergl. finden ausgedehnteste Verwendung. Eine Bearbeitung im Sinne der hier beschriebenen Arbeitsverfahren kommt bei denselben nicht in Frage, wohl aber bei den Steinen, welche man als Kunststeine im engeren Sinne bezeichnet. Es sind dies mit Zementbindung hergestellte Steine, welche namentlich Sandsteine, Granit und Porphyrr ersetzen sollen und daher den betreffenden Gesteinen im Aussehen möglichst ähnlich ausgeführt werden. Sie finden weitgehende Verwendung als Fassadensteine, Werksteine aller Art, als Stufen, Tür- und Fenstergewände, als Platten für Böden und zur Verkleidung von Mauerwerk u. s. w. Ihre Benutzung ist eine stetig zunehmende infolge ihrer großen Vorzüge, welche in erster Linie in der Leichtigkeit der Formgebung, in der Billigkeit und darin liegen, dass bei guter Ausführung ihre Haltbarkeit diejenige vieler natürlicher Steine übertrifft. Durch Fortschritte in der Herstellung der Kunststeine ist es auch gelungen, weitergehenden Ansprüchen an das Aussehen der Steine gerecht zu werden und zwar hauptsächlich dadurch, dass an Stelle der früher verwendeten Farbzusätze nun zerkleinerte, natürliche, farbige Gesteine getreten sind. Zur Herstellung der Steine werden je nach dem verlangten Aussehen entsprechende Gemische von Zement mit Quarzsand, gemahlenem, hellem oder farbigem Marmor, Kalkstein, Ziegel oder Granitkies, Glimmer u. s. w. mit Wasser versetzt und in Hohlformen eingestampft und zwar meist in einer Schicht von 2 bis 5 cm Stärke, der sogenannten Feinschicht, welche dann mit größerem Kiesbeton mit eventuellen Eiseneinlagen hinterfüllt wird. (Näheres über die Herstellung siehe Ritter. Handbuch für den Zementwaren- und Kunststeinfabrikanten, und Bohnagen. Der Kunststein). Nach der Erhärtung lassen sich die Steine wie natürliche Steine bearbeiten, zur möglichsten Verbilligung werden aber Formkasten verwendet, welche dem Stein die endgiltige Größe, Profilierung und Ornamentik geben. Auch das durch eine bestimmte Steinmetzarbeit sich ergebende Aussehen erhält der Stein gleich in der Form, sodass nur geringe Nacharbeit erforderlich wird. Ein Bossenquader z. B. wird so hergestellt, dass in die Form eine Gipsplatte eingelegt wird, die ihrerseits auf einer bossierten Fläche geformt wurde. Musterungen, Riefen, Körnungen u. s. w. werden ebenso von Formplatten auf die Steinflächen übertragen oder mit profilierten Walzen oder Platten in die noch nicht erhärtete Fläche eingepresst. Ein Zerteilen und Zersägen der Steine, ebenso grobe Abrichtarbeiten, wie Grobschleifen, Hobeln, Drehen, kommen also bei Kunststeinen in Fortfall, und eine Bearbeitung der Flächen durch Abnahme von Material, wie bei den natürlichen Steinen, wird meist nur ausgeführt, um das Aussehen zu verbessern, namentlich um die vortretende, unschöne Zementfarbe zu entfernen und das in den Zement eingebettete Gesteinsmaterial besser hervortreten zu lassen. In erster Linie wird dies erreicht durch Bearbeiten mit Scharriereisen, seltener durch Anwendung von Kröneleisen, Spitzeisen oder Stockhämmern. Viel ausgeführt wird auch ein Trockenschleifen der Flächen mit grobkörnigem Sandstein; auch durch Behandeln mit Sandstrahlgebläsen hat man sehr gute Erfolge erzielt. Ein weitergehendes Schleifen und Polieren wird bei Kunstgranit ausgeführt und hierbei auch Maschinen verwendet, die sich von den oben beschriebenen Schleifmaschinen für natürliche Gesteine in nichts unterscheiden. Stets geschliffen werden die als Terrazzo bezeichneten Kunststeine, die namentlich für Böden und als Treppenstufen in weitem Maße Ver-

wendung finden. Mit denselben wird keine Nachahmung eines Natursteines beabsichtigt, sondern sie sollen als Steinmosaik wirken. Die bei der Herstellung verwendeten und mit dem Zement vermischten bunten Steinstückchen werden meist von geringerer Härte genommen, da besonders bei den an Ort und Stelle hergestellten Böden das Schleifen meist noch von Hand erfolgt. Es dienen hierzu mit langen Stielen versehene Klammern, in die Sandsteinstücke von verschiedener Körnung und Härte eingesetzt werden. In neuerer Zeit hat man das mühsame Schleifen von Hand zu erleichtern versucht durch den Bau kleiner, leicht beweglicher, von Hand oder mit Elektromotoren angetriebenen Schleifmaschinen. Ein Schleifen bzw. Polieren bis zum Glanz ist bei den weichen Steinstückchen nicht möglich, auch bei dem Verwendungszweck nicht nötig, zumal fast stets ein Ölen der Terrazzoböden und Stufen vorgenommen wird. Besondere aus regelmäßigen Steinstückchen bestehende Mosaikleisten oder verschiedenartige Muster werden von Hand mit Hilfe von Linealen, Schablonen oder Vorzeichnungen auf dünnem Papier an Ort und Stelle gesetzt. Um diese Arbeit zu erleichtern und zu beschleunigen, werden neuerdings die Steinchen auf starkem Papier in besonderen Werkstätten aufgeklebt und so in Zementmörtel verlegt, dass das Papier oben liegt und leicht abgelöst werden kann; siehe American Machinist 1907. S. 674.

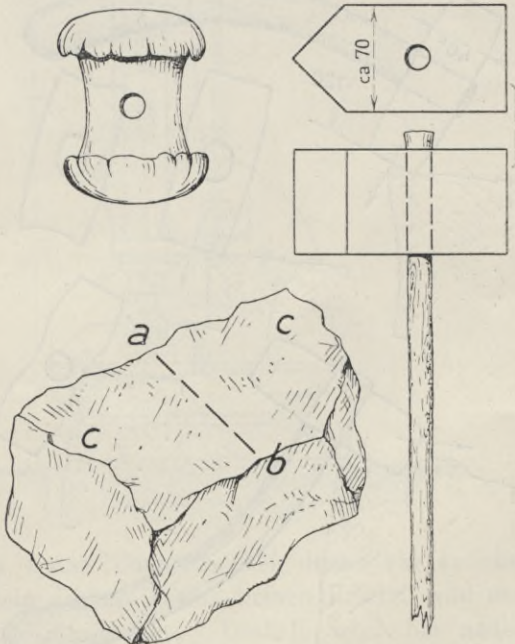
#### IV. Zerteilen der Steine zu Pflastersteinen und Schotter.

§ 24. Herstellung der Pflastersteine. Eine viel rohere Formgebung als nach den bisher beschriebenen Verfahren erfolgt bei der Herstellung der Pflastersteine, weshalb dieselbe hier gesondert beschrieben werden soll.

Die zu Pflastersteinen verarbeiteten Steinmaterialien sind in erster Linie Hartgesteine, wie Basalt, Basaltlava, Granit, Diabas, Porphyry, Melaphyr u. dergl. Dieselben werden meist durch Sprengen gewonnen, eventuell durch Keilsetzen zerteilt und noch an der Gewinnungsstelle vorgeschlagen, d. h. mit schweren Hämmern zerlegt und die Stücke so zugeschlagen, dass aus denselben je ein Pflasterstein herausgearbeitet werden kann. Zunächst werden dabei die Steinblöcke untersucht, ob sie einen „Stich“ haben, d. h. ob natürliche Spaltflächen, Hohlräume oder Einschlüsse vorhanden sind, da diese nicht in einen Pflasterstein kommen dürfen. Das Vorhandensein derselben erkennt der Arbeiter am Ton beim Anschlag mit dem Hammer. Ein Steinstück ohne Stich klingt hell, während das Vorhandensein von Spaltflächen u. s. w. einen matten Ton ergibt. Zum Zerlegen der Steine nach den natürlichen Spaltflächen dienen Hämmer aus weichem Eisen, da bei Verwendung von gehärteten Stahlhämmern der Stein direkt

Fig. 120 u. 123.

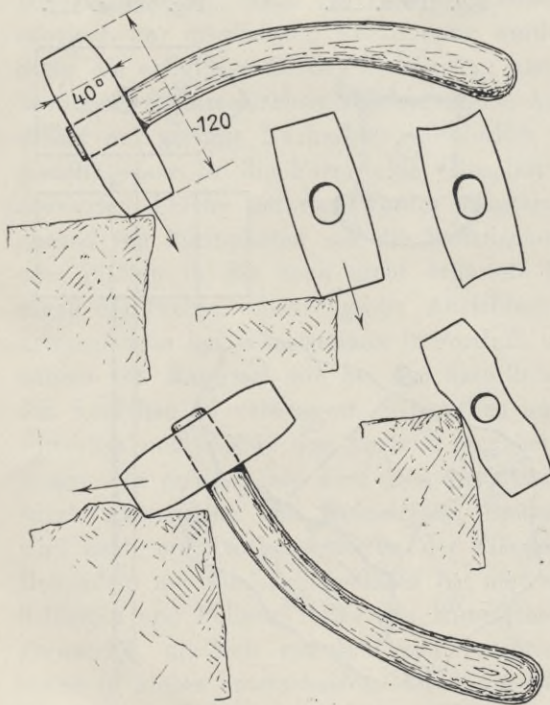
Fig. 121 u. 122.



unter der Aufschlagstelle und nicht an den natürlichen Bruchflächen spaltet. Die betreffenden Eisenhämmer sind leicht zu erkennen, da das Material der Schlagflächen sich schirmartig zurückstaucht; Fig. 120. Zum Zerteilen der „gesunden“ Steinstücke dienen langgestielte, gehärtete Stahlhämmer (sogenannte Ausschlag- oder Finnhämmer) mit einer Schlagfläche und einer Schlagkante; Fig. 121 u. 122. Der Stein wird mit der Schlagkante in der gewünschten Bruchebene  $a-b$ , Fig. 123, angeschlagen und spaltet dann nach einigen Schlägen mit der Flachseite des Hammers auf seitlich der Bruchlinie liegende Stellen  $c$ . Plattenförmige Stücke werden ebenfalls mit der Schlagkante des Hammers angeschlagen, dann umgedreht und durch einen Schlag mit der Flachseite an der Stelle der Bruchebene zum Spalten gebracht. Durch das Anschlagen mit der Schlagkante wird das Gefüge an der Bruchstelle gelockert und durch die Schläge mit der Flachseite starke, zum Bruch führende Biegungsspannungen herbeigeführt.

Aus den vorgerichteten Stücken werden dann von den „Richtern oder Bossierern“ die Pflastersteine herausgearbeitet (bossiert), und zwar müssen die Steine in den meisten Fällen möglichst grubenfeucht verarbeitet werden, da sie andernfalls nicht gut spalten. Das Bossieren der Steine erfolgt mit Rücksicht auf den Materialtransport meist im Bruch oder in unmittelbarer Nähe desselben. Die Arbeitsplätze haben vielfach gar keinen Schutz oder nur einfache, verstellbare Schutzwände, oder sie liegen in langen, überdachten Holzbuden mit Querwänden, damit die Arbeiter vor den am Nachbarplatze abfliegenden Steinsplittern gesichert sind. Bei dem Behauen ruht der Stein auf einer Unterlage von Steinpulver und Steinsplittern, die auf ebener Erde oder auf erhöhten Haubänken aufgeschüttet oder in alte Fässer eingefüllt wird, je nachdem die Arbeiter sitzend oder stehend zu arbeiten gewohnt sind. Zum Schutz der Augen gegen abfliegende Steinsplitter dienen Schutzbrillen, die aber meist wegen ungeeigneter Ausführung ungern benutzt werden. Dicht schließende Brillen beschlagen nämlich von innen und bei Brillen mit Luftzirkulation belegen sich die Gläser innen mit Staub. Am besten haben sich daher die aus gewölbtem feinem Drahtgewebe hergestellten Brillen ohne Glaseinsatz bewährt.

Fig. 124 bis 128.



Als Werkzeug zum Bossieren kommen kleine Hämmer in Benutzung, Fig. 124 bis 128, mit ebener, quadratischer Schlagfläche oder, obwohl seltener, mit gehöhlten Schlagflächen; Fig. 128. Der Stiel ist kurz und meistens gebogen, damit der Arbeiter mit der oberen Kante der Schlagfläche die Kanten des Steines „putzen“, Fig. 124, oder mit der unteren Kante kleine Buckel auf den Steinflächen abschlagen kann; Fig. 126. Größere Stücke werden mit der Seitenkante abgeschlagen; Fig. 125. Kleine Buckel auf den Seitenflächen der Pflastersteine sind meist nicht zu vermeiden, oder ihre Entfernung würde zu viel Arbeit ver-

benutzt werden. Dicht schließende Brillen beschlagen nämlich von innen und bei Brillen mit Luftzirkulation belegen sich die Gläser innen mit Staub. Am besten haben sich daher die aus gewölbtem feinem Drahtgewebe hergestellten Brillen ohne Glaseinsatz bewährt.

ursachen. Deshalb gibt man fast allgemein den Steinen eine schwach konische Form, damit trotz der betreffenden Buckel die Fugen des Pflasters nicht zu breit werden.

Da die Bossierhämmer, nachdem das Spalten erfolgt ist, mit der Seitenfläche auf die Steinkante aufhauen, Fig. 127, nehmen sie infolge der dadurch verursachten Abnutzung eine eigenartige, seitlich eingebuchtete Form an.

Eingeübte Arbeiter bossieren in zehnstündiger Schicht ungefähr 300 Pflastersteine und von kleinen Steinen für Kleinpflaster ungefähr einen halben Raummeter.

Der entstehende Abfall wird zusammen mit den beim Vorschlagen sich ergebenden kleinen Steinresten, sowie dem in der Nähe der Schufsstelle gewesenen Material in Schotterwerken verarbeitet, da die Pflastersteinherstellung ohne Vereinigung mit Schottergewinnung selten gewinnbringend gestaltet werden kann.

In den letzten Jahren sind nun viele Versuche gemacht worden, Pflastersteine durch maschinelles Spalten der Steine über breiten Schneiden herzustellen. Die dabei verwendeten Maschinen sind im nächsten Paragraphen beschrieben; es sei aber gleich an dieser Stelle vermerkt, dass sie sich nur bei grobkörnigem Gestein, wie z. B. Granit, nicht aber bei dichten Basalten u. dergl. bewährten.

Fig. 129.

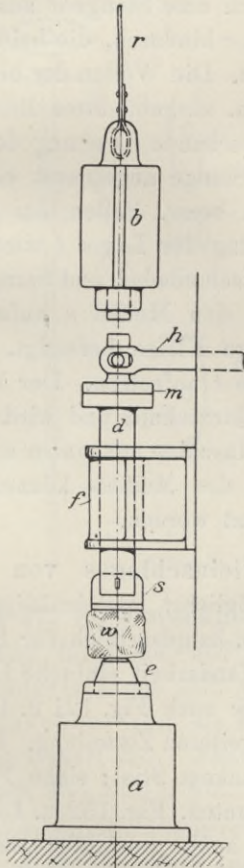
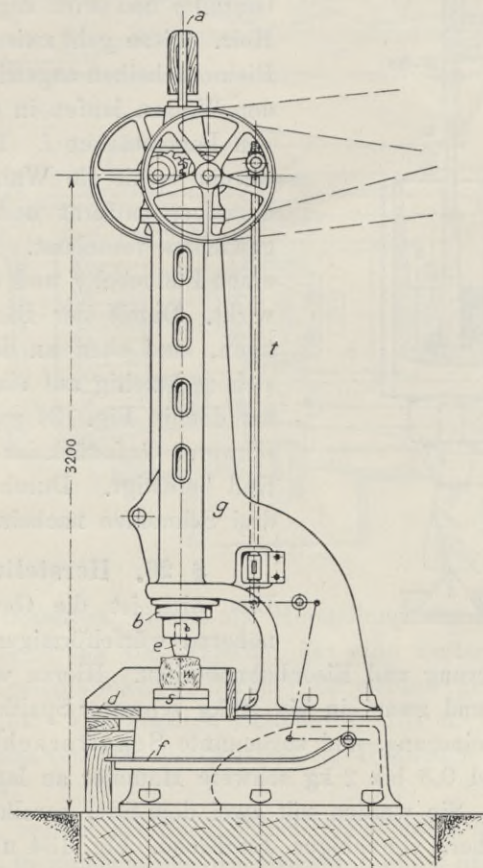
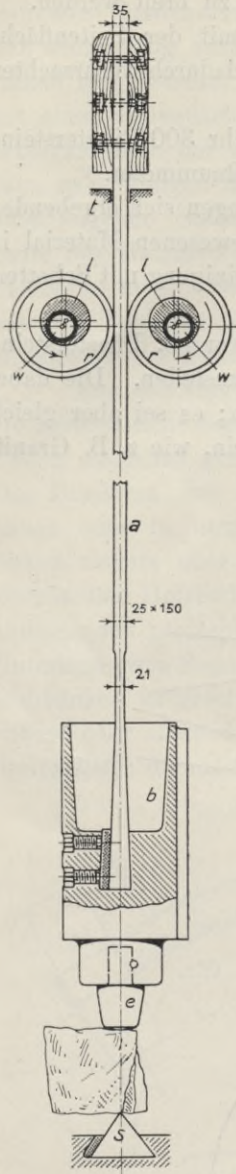


Fig. 130.



§ 25. Steinspaltmaschinen. Die ersten Bauarten, bei denen ein an einem Fallgewicht befestigter Meißel auf den Stein schlug, hatten keinen Erfolg, weil es zu schwierig war, die gewünschte Schlagstelle einzuhalten. Deshalb wird bei neueren Konstruktionen, siehe Fig. 129, der Spaltmeißel *s* an einem in einer Führung *f* gleitenden

Fig. 131.



Zwischenstück *d* befestigt. Durch Fußhebel kann das Zwischenstück gehoben und gesenkt und so der Meißel auf eine bestimmte Stelle des auf einem Einsatz *e* eines schweren Gufsstückes *a* ruhenden Steines eingestellt werden. Durch das auf das Zwischenstück aufschlagende Fallgewicht *b* erfolgt dann die Spaltung. Der Vorteil dieser Bauart (Konstruktion Hensel, Bayreuth) liegt darin, dass die Spaltstelle sichtbar bleibt, was bei der in Fig. 130 u. 131 dargestellten Spaltmaschine (Konstruktion der Bornholmer Granitwerke) nicht der Fall ist. Andererseits baut diese Maschine sich einfacher auf. Wie aus den Figuren ersichtlich ist, ruht der Stein auf dem Spaltmeißel *s*. Der Schlag erfolgt direkt auf den Stein durch ein in das Fallgewicht *b* eingesetztes Stahlstück *e* mit etwas gerundeter Schlagfläche. Sonst entspricht die Bauart der Maschine genau derjenigen der in den Schmieden benutzten Reibstangenhämmer. Das Fallgewicht oder Bär *b* von rund 100 kg Gewicht führt sich in einer Rundführung an dem einhäufigen Gestell *g* und wird angehoben durch eine Stange *a* aus zähem Holz. Diese geht zwischen Walzen *r* hindurch, die beide durch Riemenscheiben angetrieben werden. Die Wellen der betreffenden Walzen laufen in exzentrischen, ausgebüchsten Bohrungen von Lagerstücken *l*. Durch entsprechende Drehung derselben werden somit die Walzen an die Stange angepresst oder von derselben entfernt und ein Heben bzw. Fallen des Schlaggewichtes veranlasst. Diese Drehung der Lager *l* wird durch einen Fußhebel *f* und einfache Zwischenhebel und Stangen bewirkt. Damit der Bär nicht auf den Meißel *s* aufschlagen kann, sind oben an der Reibstange Klötze befestigt, welche sich rechtzeitig auf eine Gussplatte *t* aufsetzen. Der Meißel *s* hat den in Fig. 131 gezeichneten Querschnitt und wird in dem schweren Gufsstück des Fußes der Maschine mit einem schmalen Keil befestigt. Durch Umdrehen des Meißels können seine drei Schneiden nacheinander benutzt werden.

### § 26. Herstellung des Kleinschlages von Hand.

Das Ziel ist die Gewinnung möglichst gleichmäßiger, annähernd würfelförmiger Steinstücke, hauptsächlich für Straßenbeschotterung und Eisenbahnoberbau. Hierzu werden bei Handarbeit einfache Hämmer benutzt und zwar ein bis 12 kg schwerer Spalthammer, siehe auch Fig. 121 u. 122, zur Vorzerkleinerung, und sogenannte Schotterschlägel zur weiteren Zerteilung. Letztere sind rund 0,3 bis 2 kg schwere Hämmer an langem, schwankem Stiel; siehe Fig. 132 bis 136. Sie werden mit zwei dem Stiel parallelen Schlagkanten, Fig. 132 u. 133, oder mit flacher, viereckiger Endfläche, Fig. 134 u. 135, und auch gewölbter Endfläche, Fig. 136, ausgeführt, je nach der Gewöhnung der Steinschläger. Gegen Abfliegen des Hammers vom Stiel schützt eine Verdickung desselben. Die schweren Hämmer werden mit beiden Händen, die leichten einhändig geführt. Als mittlere Leistung eines eingewöhnten Arbeiters in 10 Stunden kann man 1,5 bis 1,75 cbm Steinschlag bei mittelharten und 2 bis 2,5 cbm bei weicherem Gestein annehmen. Infolge dieser geringen

Leistung eines Arbeiters sind die Herstellungskosten von Handschlag relativ hoch. Sie werden bedeutend geringer bei Anwendung von Steinbrechmaschinen, welche im folgenden Paragraphen näher beschrieben werden sollen. Doch wird der Handschlag noch viel verwendet, namentlich bei den für die Unterhaltung von Straßen nötigen kleineren Mengen Steinschlages, die an Ort und Stelle hergestellt werden. Auch wird der von Hand hergestellte Kleinschlag noch vielfach dem mittels Steinbrechern hergestellten vorgezogen, weil er aus regelmäßigeren Würfeln bestehen und weniger Ansplitterungen aufweisen soll. Außerdem zeigt der Handschlag schärfere Kanten und Ecken, die bei dem Maschinenschotter durch das Rollen in den Sortiertrommeln verloren gehen. Das Reiben der Steinstückchen aneinander in den Trommeln verursacht auch — wenigstens bei Basalt — eine weißliche Färbung.

Fig. 132 bis 136.

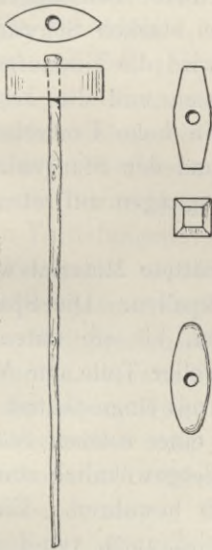
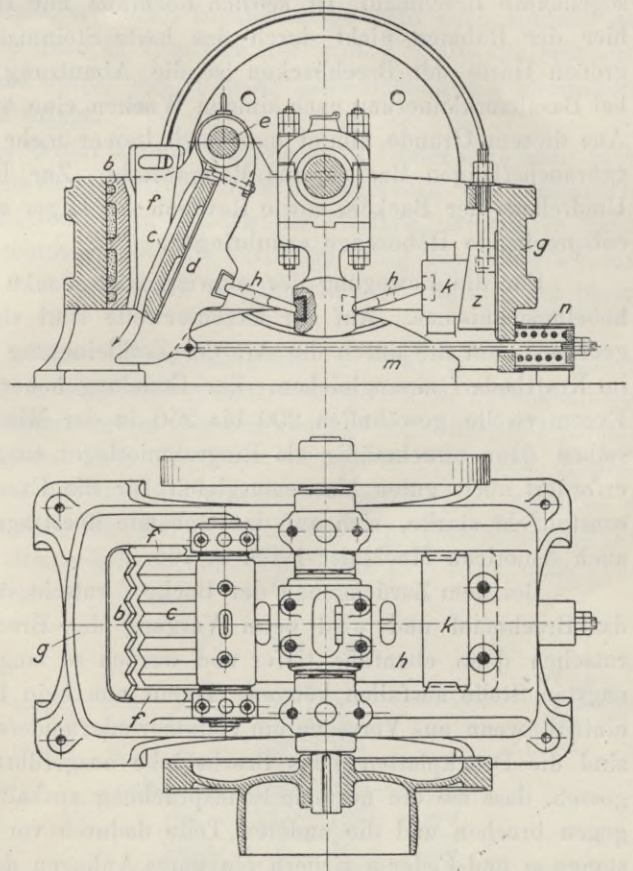


Fig. 137 u. 138.



**§ 27. Steinbrechmaschinen.** Dieselben dienen zur Herstellung von Schotter, Steinschlag für Beton und zur Vorzerkleinerung von Material, das eine weitergehende Zermahlung erfahren soll, wie Trass, Zementklinker u. dergl. Sie werden gebaut als Backenbrecher und als Kegelbrecher. Von ersteren stellen Fig. 137 u. 138 eine bewährte Bauart dar. Andere, ältere Bauarten sind beschrieben im Handbuch d. Ing.-Wissensch. IV. Bd. 3. Abt. 1. Aufl. 1890.

Wie nun die Figur erkennen lässt, besteht ein Backenbrecher aus einem kräftigen Rahmen *g* aus Gusseisen oder Stahlguss, in welchem die Brechbacken *b* und *c* und Triebwerksteile untergebracht sind. Die Brechbacken sind in Coquillen-Hartguss hergestellt und an den Arbeitsflächen gerieft. Die Riefen laufen in einem Abstände von 40 bis 70 mm gleichmäßig über die ganze Backenhöhe. Unterbrechungen der Riefen oder gewundene Formen haben sich für Steinschlagherstellung wegen zu starker Zersplitterung

der Steine nicht bewährt, höchstens einige Querriefen am unteren Ende der Backen, um zu verhüten, dass schmale, prismenförmige Bruchstücke, sogenannte Fadenstücke, unzerbrochen ausfallen. Einer der beiden Pressbacken ist fest gelagert, der andere in einer starken Platte *d* befestigt, die um eine oben liegende Welle *e* kleine Schwingungen macht. Da die Abnutzung der Backen ungleich erfolgt, können sie meist umgedreht werden. Zwecks besserer Auflage sind unter denselben vielfach dünne Lagen einer Blei-Zink-Legierung und der Schalldämpfung halber die Hohlräume zwischen den Rippen der Rückseite mit Lehm gefüllt. Der keilförmige Raum zwischen den Backen, das sogenannte Brechmaul, ist seitlich ebenfalls mit Hartgussplatten *f* ausgefüttert, damit hier der Rahmen nicht durch das harte Steinmaterial ausgefressen wird. Trotz der großen Härte der Brechbacken ist die Abnutzung derselben eine starke, sodass z. B. bei Basaltzerkleinerung nach einigen Wochen eine Auswechslung der Backen nötig wird. Aus diesem Grunde nimmt man auch immer mehr die zwar viel teureren, aber länger gebrauchsfähigen Backen aus Manganstahl. Zur Erleichterung des Auswechslens und Umdrehens der Backen, sowie Revision der Lager u. s. w. sind stets über den Brechern entsprechende Hebezeuge anzubringen.

Für die Bewegung der schwingenden Backe dient eine Exzenterwelle und Kniehebelmechanismus. Auf der Exzenterwelle sind stets noch schwere Schwungräder angeordnet, um die durch die Art der Zerkleinerung veranlassten starken Schwankungen im Kraftbedarf auszugleichen. Zur Erzielung hoher Leistung wird die Umlaufszahl der Exzenterwelle gewöhnlich 200 bis 250 in der Minute genommen und die Lager derselben dann zweckmäßig als Ringschmierlager ausgeführt. Die hohe Umdrehungszahl erfordert auch guten Massenausgleich für die Exzenterwelle und den Stangenkopf, da sonst leicht starke, sich auf das Gebäude übertragende Schwingungen auftreten; siehe auch *American Machinist* 1908. S. 765.

Bei dem Zurückgehen der Backe *d* rutscht das aufgeschüttete Material weiter in das Brechmaul und wird beim Vorgang der Brechbacke gespalten. Die Spaltstücke rutschen dann ebenfalls tiefer und werden so lange gebrochen, bis sie unten an der engsten Stelle ausfallen können. Damit nun kein Bruch wertvoller Teile der Maschine eintritt, wenn aus Versehen ein Hammer oder andere Eisenteile mit eingeschüttet werden, sind die Druckplatten *h* als Brechstücke ausgeführt, d. h. in einer solchen Stärke gegossen, dass sie die normale Beanspruchung aushalten, bei außergewöhnlich starker dagegen brechen und die anderen Teile dadurch vor dem Bruch bewahren. Eine Zugstange *m* und Feder *n* sichern ein gutes Anliegen der Kniehebelpfannen, von denen eine in einem durch Schraube und Keil einstellbaren Klotz *k* sitzt. Durch diese Anordnung ist die untere Weite des Brechmaules einzustellen und damit der Grad der Materialzerkleinerung, der natürlich auch von der Riefenbreite der Brechbacken abhängt. Die Einstellung ist auch schon deswegen nötig, weil die Brechbacken sich unten schnell abnutzen und dann gröberes Ausfallprodukt veranlassen. Die Stellung der Brechbacken zu einander muss derart sein, dass der Winkel des Brechmaules nicht zu groß wird (Grenze ist ungefähr  $20^\circ$ ), da sonst ein Rückschleudern des Materials (Tanzen) eintritt, namentlich wenn dasselbe nass oder vereist ist. Von größtem Einfluss ist hierbei auch die Stellung des bewegten Brechbackens zu seinem Drehpunkt; näheres siehe *Handbuch der mechanischen Technologie* von H. Fischer, S. 352.

Die Leistung eines Backenbrechers ist abhängig von der Härte und dem Gefüge des zu zerkleinernden Materials, von der Größe der eingeworfenen Steinstücke, der geforderten Feinheit des ausfallenden Materials, d. h. der Einstellung der unteren Maul-



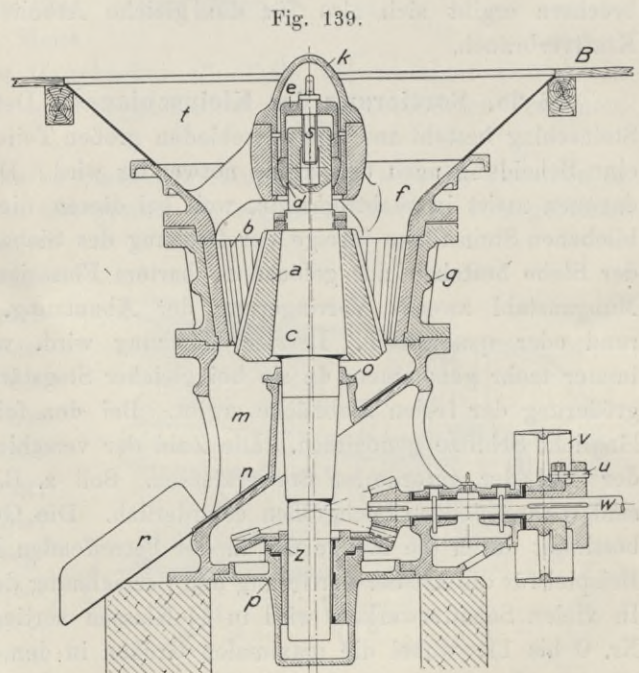
weite und dann natürlich in erster Linie von der Breite der Brechbacken. Diese schwankt zwischen 200 und 800 mm und die Leistung von rund 2 bis 10 cbm i. d. Stde. Diesen verschiedenen Leistungen entsprechend sind auch die Betriebskräfte verschieden hoch und steigen bei den schwersten Backenbrechern bis auf 30 PS. Um sie annähernd zu bestimmen, setzt man den Kraftverbrauch in PS. bei einer Spaltweite von rund 50 mm und mittelhartem Material gleich 20 bis 25 mal der Maulbreite in Meter oder gleich zweimal der Stundenleistung des Brechers in Tonnen. Bei hartem Material stellen sich die entsprechenden Zahlen gleich 25 bis 35 bzw. gleich 2,5 bis 3.

Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Brecheranlage wird auch vielfach die Zerkleinerungsarbeit so geteilt, dass man in Brechern mit großer Spaltweite erst eine grobe Vorzerkleinerung vornimmt und darauf das vorgebrochene Gestein in Feinbrechern auf den gewünschten Feinheitsgrad bringt.

Kleinere Backenbrecher bis 400 mm Maulbreite werden in letzter Zeit auch fahrbar mit angebautem Verbrennungsmotor (bis rund 8 PS.) ausgeführt, um Steinschlag an der Verwendungsstelle selbst herstellen zu können aus Steinen, welche in nahegelegenen Steinbrüchen, Straßeneinschnitten oder als Findlinge billig gewonnen werden. Allerdings ist zu befürchten, dass hierdurch auch viel ungeeignetes Material zu Steinschlag verarbeitet wird.

In der Absicht, eine noch größere Gleichförmigkeit in dem von den Backenbrechern gelieferten Steinschlag, d. h. möglichst würfelförmige Stücke, zu bekommen, lässt man in einigen englischen Schotterwerken den Steinschlag noch durch besondere Walzwerke (*cubing mills*) gehen; siehe auch Engineer 1907 II. S. 596. Die Mantelflächen der betreffenden Walzen sind mit pyramidenförmigen Vertiefungen versehen, in welche die Steinschlagstücke hineinrutschen. Bei der Rotation der Walzen werden die aus den Vertiefungen vorstehenden Steinecken abgebrochen, dabei aber auch wohl viele Steinschlagstücke unnötig angesplittert.

Wo besonders hohe Leistungen von den Steinbrechmaschinen verlangt werden, verwendet man immer mehr sogen. Kegelbrecher, welche zuerst vor rund 25 Jahren in Amerika gebaut wurden. Fig. 139 stellt einen derartigen Brecher im Schnitt dar. Die Zerkleinerung wird bewirkt durch einen auf einer kräftigen Welle *c* sitzenden gerieften Kegel *a* aus Hartguss oder Manganstahl, der innerhalb eines ebenfalls gerieften Hartgussringes *b* eine Kreispendelbewegung ausführt. Zu dem Ende hängt die Welle *c* in einer kräftigen Kugelflächenlagerung *d* und steckt unten in einer etwas schräg und exzentrisch hergestellten Bohrung der Nabe eines kräftigen Kegelrades. Um den Spalt zwischen Kegel *a*



und Ring *b* und damit die Größe des Ausfallproduktes zu ändern, ist die Welle *c* durch eine Schraube *s* in der Höhe verstellbar. Der Antrieb erfolgt von einer gut gelagerten Welle *w*, die von einer Riemenscheibe *v* unter Vermittlung von Bruchbolzen *u* angetrieben wird. Wird der Brecher durch hineingefallene Eisenteile oder aus anderen Ursachen übermäßig beansprucht, so brechen jene Bolzen, die Riemenscheibe läuft leer und der Brecher steht still, ohne dass wertvolle Teile gebrochen sind. Die zu brechenden Steine werden von einer Bühne *B* in einen Blechtrichter *t* eingeworfen und rutschen zwischen den drei das obere Lager haltenden Armen hindurch in den Brechraum. Das Zerkleinern der Steine erfolgt dadurch, dass der Abstand zwischen Brechkegel und Ring abwechselnd sich verengt und erweitert. In der gezeichneten Stellung würde z. B. auf der linken Seite das Zerbrechen, rechts dagegen das Ausfallen des genügend zerkleinerten Materials und Tieferrutschen der übrigen Steine erfolgen. Das zerkleinerte Material fällt auf ein Schutzblech *n* und rutscht dann seitlich aus der Maschine heraus. Um möglichst das Eindringen von Steinstaub in den Antrieb zu verhüten, sitzt auf der Welle *c* ein Gussring *o*, der auf einem entsprechend abgedrehten Ansatz des Gestelles schleift. Das obere Lager ist durch eine schwere Kappe *K* gegen Staub und Verletzung durch Steine dicht abgeschlossen.

Die Konstruktionsteile der Kegelschleifer sind nicht so einfach wie bei den Backenbrechern und die Unterhaltungskosten höhere. Dafür sind aber die Leistungen sehr hohe infolge des kontinuierlichen Arbeitens und der großen Arbeitsflächen. Die gewöhnlich für Steinschlagherstellung benutzten Brecher liefern etwa 10 bis 50 t in der Stunde. Ein Vorteil liegt auch darin, dass die Kegelschleifer weniger Grus liefern als Backenbrecher (Verhältnis ungefähr 4 zu 5). Der Kraftverbrauch schwankt natürlich je nach der Steinart und dem Grad der Zerkleinerung. Als Mittelwert rechnet man bei hartem Material und einer Einstellung für größte Stücke von 60 mm für eine Tonne in der Stunde gebrochenes Material etwa 1,5 bis 2 PS. Im Vergleich mit den Backenbrechern ergibt sich also für die gleiche Arbeitsleistung ein wesentlich niedrigerer Kraftverbrauch.

**§ 28. Sortierung des Kleinschlages.** Der von den Steinbrechern kommende Steinschlag besteht aus sehr verschieden großen Teilchen, weshalb in den meisten Fällen eine Scheidung nach der Größe notwendig wird. Diese erfolgt selten auf Flachsieben, dagegen meist in Siebtrommeln, weil bei diesen die in den Sieböffnungen stecken gebliebenen Steinstücke infolge der Drehung des Siebes wieder herausfallen. Die Mäntel der Siebe bestehen aus gelochtem, hartem Flusseisenblech, vereinzelt auch schon aus Manganstahl zwecks Verringerung der Abnutzung. Die Löcher der Siebbleche sind rund oder quadratisch. Letztere Lochung wird, wenigstens für die gröberen Siebe, immer mehr genommen, da sie bei gleicher Stegstärke zwischen den Löchern eine Vergrößerung der freien Siebfläche ergibt. Bei den feinsten Sieben werden auch vielfach längliche Schlitzlöcher genommen. Die Zahl der verschiedenen Lochungen richtet sich nach der Zahl der geforderten Sortierklassen. Soll z. B. in 6 Klassen sortiert werden, so sind 5 verschiedene Lochgrößen erforderlich. Die Größe der einzelnen Siebflächen wird bestimmt durch die Menge des in der betreffenden Klasse fallenden Steinschlages. Ein Beispiel für die Art der Sortierung und Bezeichnung der einzelnen Klassen bietet Fig. 140. In vielen Schotterwerken wird in 11 Klassen sortiert und die Klassen bezeichnet mit Nr. 0 bis 11, wobei die maximalen Größen in den einzelnen Klassen betragen: 3, 5, 10, 12, 15, 25, 35, 40, 50, 55, 60 bis 65 mm. Das feinste Material findet Verwendung

als Mörtelsand und zur Kunststeinfabrikation, das etwas gröbere von etwa 10 bis 30 mm — auch „Splitt“ genannt — wird benutzt für Gartenwege, als Flickmaterial für Straßen, dann aber besonders für Betonherstellung, der noch größere Steinschlag dient als Schotter für Straßen und Eisenbahnen.

Die große Härte des Steinschlages und die scharfen Kanten der Stücke verursachen eine starke Abnutzung der Siebbleche. Trotzdem dieselben recht stark gewählt werden (bis zu einer Lochung von 35 mm meist 10 mm, bei feinerer Lochung 6 mm und weniger) müssen sie z. B. bei Basaltkleinschlag doch nach ungefähr einem Vierteljahre wegen der starken Abnutzung bzw. Durchschleifen der Stege zwischen den Löchern ausgewechselt werden.

Bei der Konstruktion der Siebe ist daher besonders darauf zu achten, dass die betreffende Auswechslung leicht erfolgen kann. Sehr zweckmäßig in Hinsicht auf die Erhaltung der Siebplatten ist es, den Grobschotter nicht die ganze Siebtrommel passieren zu lassen, sondern ihn zuerst abzuschneiden. Es erfolgt dies durch eine besondere Siebtrommel oder durch Einbau eines kegelförmigen groben Siebes am Einlauf der Trommel, Fig. 141.<sup>1)</sup> Meist werden auch zwecks Entlastung des Hauptsiebes alle Teile bis zu einer Größe von 25 mm in den beiden ersten Siebfeldern abgeschieden und in besonderen Trommeln weiter sortiert.

An den Sieben findet eine starke Staubentwicklung statt, weshalb dieselben in seitlich offenen Hallen oder in Bauten mit großen, unverglasten Fenstern untergebracht werden. Der scharfe Steinstaub verursacht auch eine starke Abnutzung der Antriebe und Lagerungen. Zu diesen ist zu bemerken, dass man bisher meist eine durchlaufende Welle nahm und das Gewicht der ganzen Trommel und des in ihr befindlichen Steinschlages durch Armkreuze auf diese Welle übertrug; siehe auch Kap. XVI dieses Handbuches. Da aber die Armkreuze die Fortbewegung des Steinschlages in der Trommel stören und unter starker Abnutzung leiden, werden jetzt meistens bei größeren Trom-

Fig. 140.

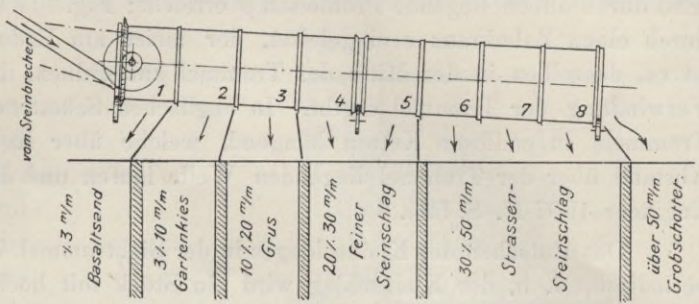


Fig. 141.

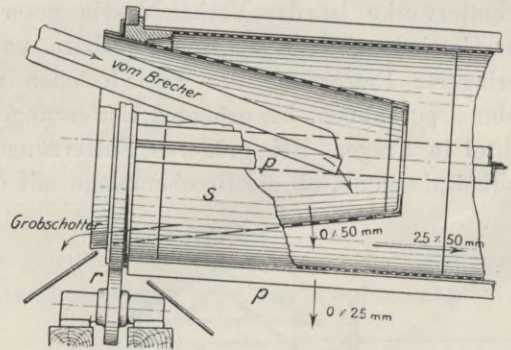
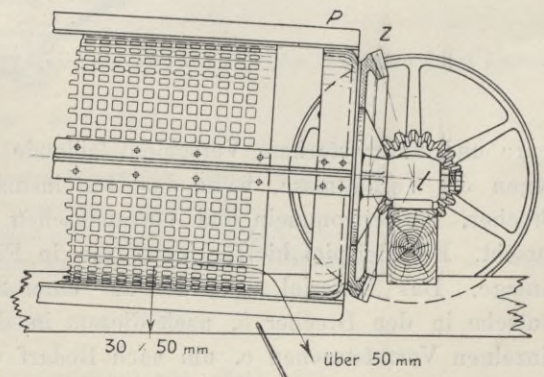


Fig. 142.



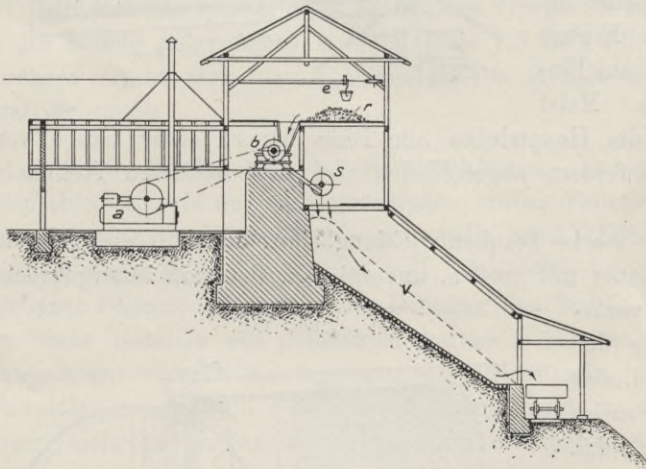
<sup>1)</sup> Siehe Eng. 1907, S. 595.

meln die durchgehenden Wellen fortgelassen und die Trommeln außen auf Hartgussrollen  $r$  gestützt; Fig. 141. Nur den durch die Schräglage der Trommel sich ergebenden Längsschub nimmt man in einem Endlager  $l$  auf; Fig. 142. Die nötige Versteifung der Trommel wird durch außen liegende Profileisen  $p$  erreicht; Fig. 141 u. 142. Die Betriebskraft wird durch einen Zahnkranz  $z$  eingeleitet, der meist am Ende der Trommel liegt. Besser ist es, denselben in der Mitte der Trommel anzuordnen, da der Endantrieb eine starke Verwindung der Trommel ergibt. In englischen Schotterwerken findet man auch die Trommeln in endlosen Ketten hängend, welche über Kettenrollen einer in größerem Abstand über der Trommel liegenden Welle laufen und den Antrieb vermitteln; siehe Engineer 1907 II. S. 595.

Das Rutschen des Kleinschlages in der Siebtrommel ist nicht gleichförmig, sondern periodisch, d. h. der Kleinschlag wird ein Stück mit hochgenommen und rutscht dann nach den tieferen Stellen des Siebes ab. Auf diese Ungleichförmigkeit der Bewegung hat der Trommeldurchmesser Einfluss, der jetzt meist etwa 1,10 m gewählt wird bei einer Umdrehungszahl von rund 15 i. d. Min.

§ 29. Steinbrechanlagen. Von größter Wichtigkeit für die Rentabilität der Schotterwerke ist das Vorhandensein guter Transportmittel für das Steinmaterial von der Gewinnungsstelle zu den Brechern und zu den Stapel- und Verladeplätzen. Bei geringerer Entfernung der Verladestellen von dem Bruch kommen Bremsberge und Schmalspurbahnen, bei größeren Entfernungen fast stets Luftseilbahnen als Beförderungsmittel in Frage. Bei größeren Entfernungen hängt es auch ganz von den örtlichen Verhältnissen ab, ob die Brecheranlage mit der Verlade- und Stapelanlage vereinigt, oder

Fig. 143.

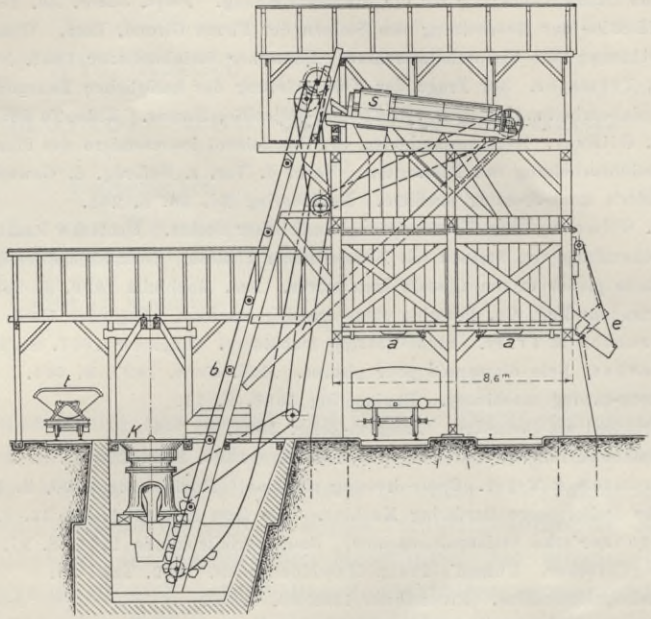


ob sie näher an der Bruchstelle angelegt wird. Im allgemeinen empfiehlt sich die erstere Anordnung, da in diesem Falle der Transport der Betriebskohlen nach der Brecheranlage in Wegfall kommt und ferner nur das Rohmaterial, im anderen Falle aber die einzelnen Sortierklassen getrennt befördert werden müssen. Besonders zu beachten ist auch die Forderung, dass in der Brecheranlage möglichst ein Hochheben des Materials vermieden wird, da dies, abgesehen von der Betriebskraft,

teure und unter starkem Verschleiß leidende Einrichtungen erfordert. Am günstigsten liegen die Verhältnisse, wenn das Gesteinsmaterial durch sein Eigengewicht durch die Brecher, Sortiertrommeln und Vorratsaschen in die Eisenbahnwagen oder Fuhrwerke rutscht. Ein Beispiel hierfür bietet die in Fig. 143 schematisch gezeichnete einfache Anlage. Das Material  $r$  kommt auf einer Seilbahn  $e$  vom Bruch, tritt durch eine Rutsche in den Brecher  $b$ , nach diesem in die Siebtrommel  $s$  und fällt dann in die einzelnen Vorratsaschen  $v$ , um nach Bedarf verladen zu werden. Die Vorratsbehälter sind überdacht, damit der Schotter im Winter nicht zu einer starren Masse vereist. Als

Betriebskraft für den Brecher ist eine Lokomobile *a* angenommen. Treten an Stelle der gezeichneten, einfachen Vorratsbehälter höhere, siloartige Behälter, so ist ein Hochheben des gebrochenen Materials mit Becherwerken nicht zu umgehen, es sei denn, dass die Anlage in stark abfallendem Gelände liegt. Die Brecher müssen nämlich aus Rücksicht auf die Standsicherheit tief stehen, während die Sortiersiebe über den Silos angeordnet werden können. Als Beispiel diene eine in Fig. 144 dargestellte kleine Anlage mit einem Kegeltreiber *k*. Derselbe ist vertieft aufgestellt zwecks bequemer Aufgabe der mittels Kippwagen *t* angefahrenen Steine. Das zerkleinerte Material rutscht in die Becher eines Becherwerkes *b* und wird durch dieses zur Siebtrommel *s* gehoben, in welcher es in 5 Klassen geschieden wird. Während die größten Stücke auf einer Rutsche zum Brecher zurückfallen, werden die anderen Steinschlagarten in die aus etwa 50 mm starken Brettern gebauten Vorratsbehälter geleitet, aus denen sie durch Bodenverschlüsse *a* oder seitliche Ausläufe *e* in Eisenbahnwagen oder Fuhrwerke abgelassen werden können.

Fig. 144.



## Litteratur

### über Werkzeuge und Maschinen zur Bearbeitung von Bausteinen.

*Ältere Litteratur: Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. Bd. IV. Die Baumaschinen. Abteilung 3. 1. Auflage. 1890. — Handbuch der Architektur. 1. Teil. Heft 1. 3. Auflage. 1905.*

### Selbständige Werke.

- Powis Bale. Stone working machinery. London 1884.  
 Th. Schwartze. Die Steinbearbeitungsmaschinen mit Bezug auf deren Konstruktion, Anwendung und Leistung. Leipzig 1885.  
 H. Hauenschild. Die Kessler'schen Fluote. 2. Aufl. Berlin 1895.  
 Krauth u. Meyer. Das Steinhauerbuch. Leipzig 1896.  
 Th. Schwartze. Die Steinbearbeitung und ihre neuesten Fortschritte. Berlin 1897.  
 Dr. O. Herrmann. Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie. Berlin 1899.  
 Karmarsch-Fischer. Handbuch der mechan. Technologie. Bd. II, 3. 6. Aufl. Berlin 1901.  
 Berichte über Untersuchungen mit Steinerhaltungsmitteln und deren Wirkungen. Herausgegeben von der Königl. Sächs. Kommission zur Erhaltung der Kunstdenkmäler. Dresden 1907.  
 Fr. Freise. Geschichte der Bergbau- und Hüttentechnik. Berlin 1908.  
 M. Weber. Der Marmor. 5. Aufl. Leipzig 1909.  
 W. Ritter. Handbuch für den Zementwaren- und Kunststeinfabrikanten. Halle 1909.  
 Alf. Bohnagen. Der Kunststein. Leipzig 1909.

## Aufsätze in Zeitschriften.

- Maschinen zur Bearbeitung von Steinen. Uhland's Prakt. Maschinenkonstr. 1887. S. 17.
- Steinbearbeitungsmaschine von Ed. Ritschel. Uhland's Techn. Rundschau. Jahrg. 3. S. 141.
- Le sciage des pierres, marbre et granits. La semaine des constr. Jahrg. 13. S. 183 und Jahrg. 14. S. 172.
- J. Tobell. Über die vorteilhafteste Bearbeitung der rohen Werkstücke. Civilingenieur 1889. S. 569.
- Das Diamantwerkzeug für die Steinbearbeitung. Polyt. Journ. Bd. 281. S. 121 und Bd. 282. S. 194.
- Maschine zur Bearbeitung von Steinen der Firma Giroud, Rom. Glaser's Ann. Bd. 31. S. 71.
- Dittmar'sche Steinschälmaschine. Deutscher Steinbildhauer 1892. Nr. 10.
- L. Tetmajer. Zur Frage der Konservierung der natürlichen Bausteine. Schweiz. Bauztg. Bd. 9. S. 91.
- Steinbearbeitungsanlagen von Thonar-Dejeaiffe, Namur. Uhland's Prakt. Maschinenkonstr. 1893. S. 138.
- E. Glinzer. Härtungsmethoden von Bausteinen, insbesondere das Fluatieren. Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1893.
- Steinbearbeitung mit Diamanten. Verh. d. Ver. z. Befördg. d. Gewerbfl. in Preußen 1893.
- Trier's stone-dressing machine. Engineering Bd. 56. S. 268.
- E. Glinzer. Über Konservierung natürlicher Steine. Deutsche Bauztg. 1894.
- Behandlung von Steinen mit Kessler'schen Fluaten. Deutsches Steinbildh.-Journ. 1894.
- Stone planer of the Lincoln Iron works. Am. Machinist 1896. S. 345.
- Britannia Eng. Co. Portable stone-dressing machine. Engineer 1897. S. 70.
- Brunton & Trier. Stone-working machinery. Engineer 1897. S. 592.
- Barbet. Scie diamantée pour pierres. Bull. d'enc. 1897. S. 661.
- Stone-sawing machinery. Engineering 1898. S. 11.
- Drahtseil als Steinsäge. Baugew.-Zeitg. 1898. S. 745.
- Drehbank für Granitsäulen. The Iron Age 1900. Sept. 20.
- Brunton & Trier. Stone-dressing machine. Engineering 1900. S. 629.
- The Dallet Stone Surfacing Machine. The Iron Age 1901. Nr. 22. S. 10.
- Kreuzer'sche Steinspaltmaschine. Baumaterialienkunde 1901. S. 27.
- Kegelbrecher. Uhland's Prakt. Maschinenkonstr. 1902. Tafel 14.
- Steinspaltmaschine. Prometheus 1902/03. S. 55.
- Porter. Stone-cutting machine. Am. Machinist 1903. S. 82.
- Pneumatic stone-dressing machines at the Wachusett dam. Engineering News 1904. S. 622.
- Lesser. Anwendung der Pressluft bei der Steinbearbeitung. Zeitschr. f. kompr. Gase 1905. S. 39.
- Herstellung von Stahlsand. Steinbruch 1906. S. 57.
- Mc. Cully crusher. Engineering News 1906. S. 498.
- Rotary rock crusher. Engineering News 1906. S. 432.
- Marmorbearbeitungswerkstätte. Engineering Record 1906 I. S. 249.
- A modern quarry plant. Engineer 1907 II. S. 595.
- J. Seibt. Das Härten der Steinwerkzeuge. Der Steinbruch 1907. S. 346.
- Steinbrecher der Skodawerke und der Pilsener Masch.-Fabrik. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1907. S. 536.
- Marmorbearbeitung durch Maschinen der Royden Marble Machinery Co. Am. Machinist 1907. S. 674 und Engineering News 1908. S. 143.
- Schotteranlage. Uhland's Prakt. Maschinenkonstr. 1908. S. 59.
- Fahrbare Steinbrecher. Steinbruch 1908. S. 379.
- Balancing a rock crusher. Am. Machinist 1908. S. 765.
- Vergoldung im Steinmetzgeschäft. Deutscher Steinbildhauer 1909. S. 222.
- Kleine Langschleifmaschine. Deutscher Steinbildhauer 1909. S. 109.
- Moderne Steinbearbeitungsanlagen mit elektr. Betrieb. Deutscher Steinbildhauer 1909. S. 371.
- A. Johnen. Diamantsäge. Zeitschr. f. Werkzeugmaschinen 1909. S. 129.
- Die Verbesserung der Steinbrecher. Zeitschr. f. Transportw. u. Straßenbau 1910. S. 53.

## XVI. Kapitel.

# Maschinen für Mörtel- und Betonbereitung.

Bearbeitet von

**L. von Roessler,**

Professor an der Techn. Hochschule in Darmstadt.

(Mit 72 Textfiguren.)

**§ 1. Zweck der Mischmaschinen für Mörtel und Beton.** Die Bereitung von Mörtel und Beton mittels besonderer Maschinen hat gegenüber der Mischung von Hand mit einfachen Werkzeugen große Vorteile. Dieselben liegen in einer Verringerung der Herstellungskosten, sobald größere Mengen in Frage kommen, ferner in Erzielung größerer Gleichmäßigkeit der betreffenden Mischungen bei möglichster Unabhängigkeit von der Geschicklichkeit und dem Willen der Arbeiter, sowie in der Möglichkeit, große Mengen Mörtel und Beton schnell und sicher herzustellen.

Mit der besseren, gleichmäßigen Durchmischung von Mörtel und Beton gestalten sich auch die Festigkeitseigenschaften günstiger, da dieselben nicht allein von dem Gewichtsverhältnis und Zustand der zu mischenden Materialien, sondern ebenso sehr von der Art und Weise der Mischungsherstellung abhängen.

**§ 2. Entwicklung der Mörtel- und Betonmischmaschinen.** Da man anfänglich beim Bau dieser Maschinen nur Erleichterung, bezw. Ersatz der teuren Handarbeit beabsichtigte und weniger an bessere, gleichmäßigere Durchmischung dachte, so liefen die ersten Konstruktionen auch auf eine Nachahmung der Handmischung hinaus. Entsprechend der Mörtelherstellung in Rührtrögen setzte man durch Pferde in rechteckigen oder ringförmigen Trögen Rechen, Schaufeln oder Ketten in hin und her gehende oder kreisende Bewegung. Auf den Ziegeleien hatte man nun schon zum Durchmischen und Vergleichmäßigen des Tones besondere Maschinen in Anwendung, die Tonschneider und große Kollergänge, die sogenannten Traden. Es war naheliegend, diese Maschinen auch zum Mörtelmischen zu verwenden (seit etwa 1820). Sie bewährten sich dabei vollständig und sind heute noch, wenn auch in abgeänderter Form, in Anwendung.

Bei Herstellung des Betons kamen maschinelle Hilfsmittel vorerst nur soweit in Frage, als es sich um den zur Betonbereitung nötigen Mörtel handelte. Das Einmischen des Kieses oder Steinschlages in den Mörtel erfolgte durch Umschufeln der Massen von Hand. Seit etwa 1830 versuchte man dann auch, jenes Einmischen des Kieses oder Steinschlages maschinell vorzunehmen und nahm zu dem Ende tonnenförmige Behälter, welche um ihre Längsachse gedreht wurden. Die an einem Ende

eingeworfenen Materialien wurden durch zahlreiche, im Innern der Trommeln vorstehende Stifte hochgehoben und dann fallen gelassen und so ähnlich wie durch Umschaukeln gemischt.

Das gleiche erreichte man in andern Vorrichtungen, den sogenannten Fallwerken. Bei diesen ließ man den Mörtel mit dem Kies oder Steinschlag durch einen, mehrere Meter langen, senkrechten Schacht fallen. Im Innern desselben angeordnete schräge Flächen ließen das Material während des Falles sich mehrfach überschlagen und durcheinanderwirbeln. Auch zur Herstellung von Mörtel hat man solche Fallwerke, jedoch ohne besonderen Erfolg, versucht.

Die genannten Maschinen und Vorrichtungen wurden auf der Baustelle handwerksmäßig in einfachster Weise und möglichst aus Holz gebaut. Erst allmählich wurde der Bau auch von Maschinenfabriken aufgenommen und nun in zweckentsprechender Weise und unter möglichstem Ausschluss von Holz an den Arbeitsteilen durchgeführt. Ferner wurden wesentliche Verbesserungen gefunden, namentlich in Hinsicht auf gründliche Mischung, leichtes Ein- und Ausfüllen der Materialien, gleichbleibende Mischungsverhältnisse, bequemen Antrieb u. s. w.

Heute ist denn auch eine große Zahl der verschiedensten Bauarten auf dem Markte und das Bestreben, immer neue Maschinenarten zu bauen, zeigt, welche Bedeutung man der maschinellen Mischung zumisst.

**§ 3. Einteilung der Mörtel- und Betonmischmaschinen.** In Hinsicht auf die Art und Weise der Mischung kann man folgende Unterscheidung machen:

1. Maschinen, welche ein Mischen durch Durcheinanderstürzen der Materialien unter alleinigem Einfluss der Schwerkraft bewirken.
2. Maschinen, bei welchen das Durchmischen mit zwangsläufig durch das Mischgut hindurchgeführten Arbeitsorganen erfolgt.
3. Maschinen mit schweren Walzen oder Rädern, welche zum Zweck der Mischung zwangsläufig über das Mischgut hinweg bewegt werden.

Eine weitere Unterteilung wird man alsdann machen müssen in Hinsicht darauf, ob die Maschinen fortlaufend oder absatzweise mischen, d. h. ob die Einführung von zu mischenden Materialien, der eigentliche Mischvorgang und das Ausleeren fertiger Mischung fortdauernd und gleichzeitig stattfindet oder ob die betreffenden Vorgänge zeitlich getrennt sind.

Im folgenden soll zunächst eine Übersicht über die wichtigsten Bauarten der Mischmaschinen und dann eine Beschreibung einzelner Ausführungen gegeben werden.

**§ 4. Erste Hauptklasse: Maschinen, welche unter alleinigem Einfluss der Schwerkraft mischen.** Sie werden gebaut als:

- a) Trommelmaschinen,
- b) Maschinen mit Sturzkasten,
- c) Kugelmischmaschinen und
- d) Fallwerke.

a) **Trommelmaschinen.** Das zu mischende Material kommt hier in einen umlaufenden Zylinder, an dessen Wandung Mitnehmerplatten angeordnet sind. Diese heben das Material hoch, bis es von ihnen abrutscht; Fig. 1. Durch das dann stattfindende Überstürzen und Streuen des Materiales findet im Verein mit dem Übereinanderrutschen im unteren Teil der Trommel ein gutes Mischen statt. Fehlen die Mitnehmerplatten,



so erfolgt bei der Drehung der Trommel nur ein Übereinanderrutschen des Materials, und damit eine langsamere Durchmischung.

An Stelle der zylindrischen Trommel kann auch eine solche mit Rechteckquerschnitt treten oder besser noch mit einem Querschnitt nach Fig. 2. Die Wirkungsweise ist dann etwas anders, insofern als an Stelle des fortdauernden Übereinanderrutschens ein periodisches, bei jeder Drehung mehrmaliges kräftiges Durcheinanderfallen des Materials stattfindet.

Bei absatzweisem Mischen mittels dieser Maschinen werden in die Mischtrommel, welche zylindrisch und konisch ausgeführt wird, abgemessene Mengen Material eingefüllt, durch Drehen der Trommel gemischt und darauf entleert. Der Gütegrad der Mischung hängt dabei sehr von der Zahl der Umdrehungen der Trommel während des Mischens, d. h. von der Mischdauer ab, welche bei fast allen hierher fallenden Maschinen beliebig zu ändern ist. Es ist jedoch zu beachten, dass eine Verlängerung der Mischdauer über ein gewisses Maß hinaus keine weitere Verbesserung der Mischung bewirkt und nur als Kraft- und Zeitverlust zu betrachten ist. Die Möglichkeit, die Mischdauer entsprechend den zu mischenden Materialien leicht ändern zu können, ist ein großer Vorteil der Maschinen mit absatzweiser Mischung gegenüber denen mit fortlaufender Mischung und ist der Grund, warum erstere Maschinen immer mehr den Vorzug erhalten. Es kommt hinzu, dass auch die Zuführung des Mischgutes bei den Maschinen mit absatzweiser Mischung sich meist viel einfacher gestaltet als bei den kontinuierlich mischenden Maschinen. Als Nachteil der absatzweise mischenden Maschinen könnte angesehen werden, dass die Arbeiter die Mischzeit nach Belieben lang oder kurz, d. h. ungleichmäßig nehmen können. Um auch dieses zu verhindern, werden in neuerer Zeit auch Mischmaschinen gebaut, welche Vorrichtungen besitzen, die den Arbeiter zwingen, eine bestimmte, einmal eingestellte Mischzeit für jede Einzelmischung einzuhalten (Konstruktion der Firma Peschke, Zweibrücken). Ein weiterer Nachteil wird zuweilen darin erblickt, dass ein Teil des frisch eingefüllten Zementes an den von der vorhergehenden Mischung noch feuchten Wänden des Mischbehälters sich festsetzt.

Sind die Trommelmaschinen für fortlaufendes Mischen bestimmt, so kommen lange Trommeln in Anwendung, Fig. 3, deren Drehung meistens durch einen Endzapfen  $z$  und Laufring  $l$  mit Stützrollen  $r$  ermöglicht wird. Das Material wird an einem Ende  $e$  eingefüllt und während des Mischens durch Schrägstellen der Trommelachse nach dem anderen Ende der Trommel befördert und daselbst ausgeworfen. Die Fortbewegung des Materials bei Schrägstellen der Trommelachse wird dadurch herbeigeführt, dass dasselbe in Ebenen senkrecht zur Trommelachse hochgehoben wird, aber in Vertikalebenen abrutscht, beziehungsweise fällt. Die Mischdauer ist hierbei durch die Länge der Trommel bestimmt und kann ohne weiteres nicht beliebig geändert werden, wie bei

Fig. 1.



Fig. 2.

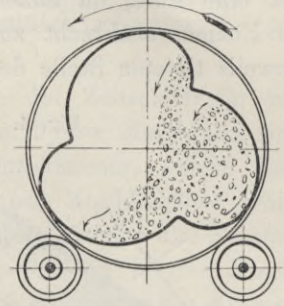
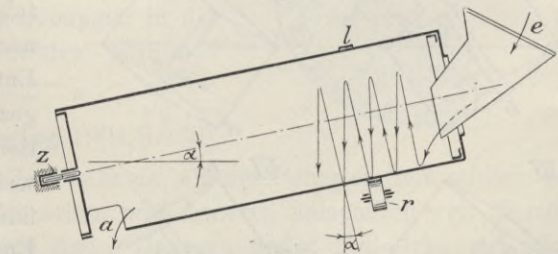


Fig. 3.



den Maschinen für absatzweise Mischung. Nur durch verschieden starke Schräglage der Trommelachse, d. h. der ganzen Maschine mit Hilfe entsprechender Unterlagen, ist die Mischzeit in gewissen Grenzen zu ändern. Mit der Mischzeit ändert sich natürlich auch die Leistung der Maschine. Bei einigen Bauarten liegt die Trommelachse horizontal. Die Fortbewegung des Materials wird alsdann durch im Innern der Trommel schräg angeordnete Bleche bewirkt; siehe auch § 14, Fig. 46.

b) **Maschinen mit Sturzkasten.** Bei denselben sind die Mischbehälter während des Mischens ganz geschlossen und auch nur für absatzweises Arbeiten geeignet. Die Innenwände der Mischkasten sind glatt ohne Mitnehmerplatten, bieten darum dem Mischgut wenig Gelegenheit zum Ansetzen und sind leicht zu reinigen. Die erzielte Mischung ist eine gute, da außer einem Übereinandergleiten und Überstürzen der Materialien in Ebenen senkrecht zur Drehachse ein energisches Hin- und Herbewegen nach der jeweils tiefsten Stelle des Mischkastens stattfindet.

Fig. 4.

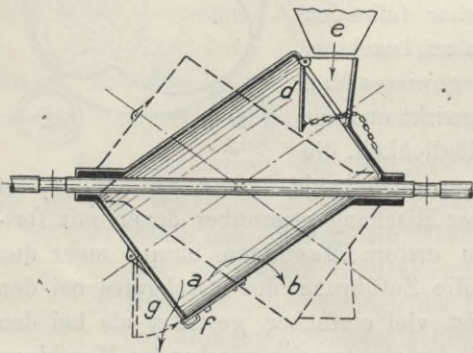


Fig. 5, 6 u. 7.

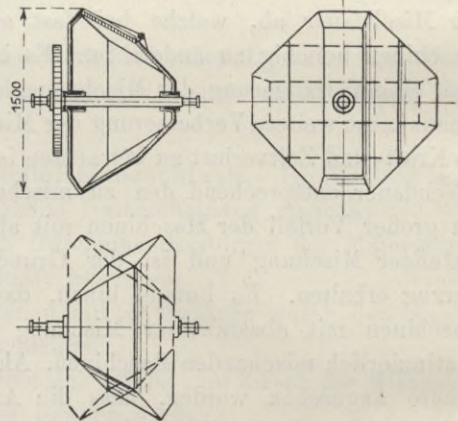
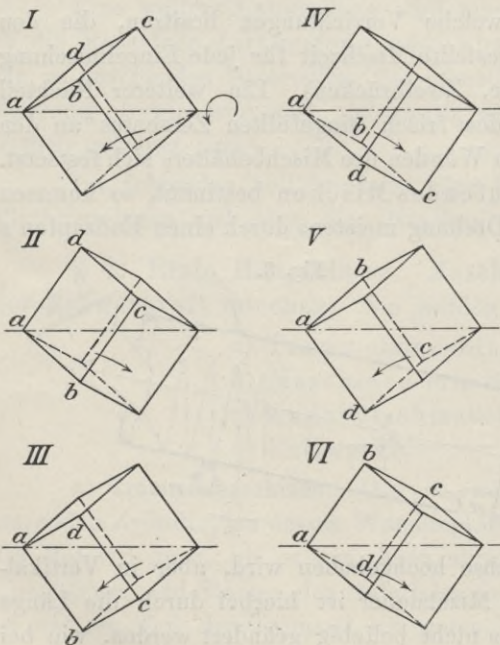


Fig. 8 bis 13.



Eine der ältesten Ausführungen stellt Fig. 4 dar. Der Mischkasten ist ein kurzer Zylinder mit schräg durchgehender Drehachse. Wie die Zeichnung erkennen lässt, findet bei jeder Umdrehung ein zweimaliges Hin- und Herfallen des Materials von *a* nach *b* und umgekehrt statt. Das Einfüllen der zu mischenden Materialien erfolgt von dem Trichter *e* aus durch eine nach innen öffnende Klappe *d*. Zwecks Entleeren wird die Schnappfeder *f* zurückgezogen, worauf die Klappe *g* in die punktiert gezeichnete Stellung kommt. Eine weitergehende Ausbildung des Sturzkastens findet man dann bei Maschinen, welche in England viel benutzt wurden. Die eigenartige Form zeigt Fig. 5, 6 u. 7, aus welcher auch leicht ersichtlich ist, dass bei jeder Umdrehung außer dem Überstürzen

des Mischgutes ein Hin- und Herwerfen desselben eintritt. Auch würfelförmige Mischkästen mit in einer Diagonale liegender Drehachse sind vielfach benutzt worden. Wie Fig. 8 bis 13 schematisch zeigt, findet hier bei jeder Umdrehung sogar ein sechsmaliges Hin- und Herwerfen des Mischgutes statt. Maschinen mit derartigen würfelförmigen sowie mit zylindrischen Sturzkästen werden neuerdings in Amerika wieder vielfach gebaut; siehe auch § 15.

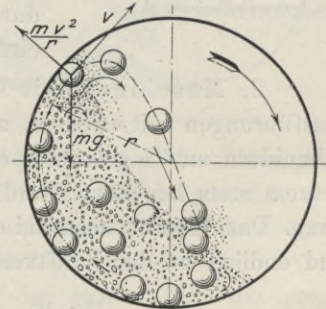
Mischmaschinen der bisher beschriebenen Arten sind für Herstellung von feinen, fetten Mörteln schlecht geeignet, da bei solchen Mörteln die innere Reibung so groß ist, dass die Schwerkraft der Materialteilchen allein nicht ausreicht, um ein genügendes, gegenseitiges Verschieben der betreffenden Teilchen zu bewirken, wie es zu einem gründlichen Durchmischen nötig ist. Eine sehr gute Mischung wird aber leicht und sicher erreicht, wenn den Mörtelmaterialien größere und spezifisch schwerere Körper beigemischt werden. Dasselbe erfolgt in den

c) **Kugelmischmaschinen**, deren Prinzip schon 1871 in der Zeitschrift für das Bauhandwerk (S. 116) angegeben wurde. Man verwendet bei diesen Maschinen eine größere Zahl schwerer, eiserner Kugeln von etwa 120 mm Durchmesser, welche dem Mischgut beigegeben werden. Bei Drehung der meist zylindrischen Mischbehälter rollen die Kugeln frei in denselben umher und bewirken dabei ein inniges Zerteilen und Mischen der Materialien. Beim Ausleeren des Mischgutes bleiben die Kugeln in den Mischbehältern zurück, und zwar werden sie in einfachster Weise durch einen über der Ausleeröffnung liegenden, starken Rost von entsprechender Weite zurückgehalten; siehe auch Fig. 51.

Solche Kugelmischmaschinen finden mit Vorteil Verwendung bei Herstellung von Zement- und Trassmörtel, sowie feinem Kiesbeton, weil hier wie erwähnt bei einfachem Überstürzen der Materialien keine genügende Verteilung des Zementes oder Trasses stattfinden würde, was bei Beton mit grobem Kies oder Steinschlag gerade durch die Massenwirkung der größeren Kies- und Steinschlagstücke herbeigeführt wird.

Von Wichtigkeit ist es, dass die Umdrehzahl der Mischtrommeln nicht zu groß gewählt wird, da andernfalls ein Zermahlen des Mischgutes eintreten wird, wie es in den sogenannten Kugelmühlen absichtlich herbeigeführt wird. Die Kugeln werden alsdann durch die Wirkung der Schleuderkräfte von der Trommel mit hochgenommen, bis die radiale Komponente des Kugelgewichtes gleich der Schleuderkraft ist; Fig. 14. Dann lösen sich die Kugeln von der Trommelwand ab und fallen in entsprechenden Wurfbahnen auf das Mischgut, dieses dabei zertrümmernd. In § 16 ist eine Kugelmischmaschine beschrieben. Bei dieser Maschine würde schon bei etwa 26 Umdrehungen in der Minute der beschriebene Mahlvorgang eintreten. Will man ihn vermeiden, so muss die Umdrehzahl  $n < \frac{30}{\sqrt{2 \cdot r \cdot m}}$  gewählt werden (Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1904, S. 438).

Fig. 14.



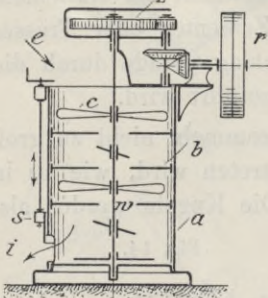
d) **Fallwerke**. Die oben in § 2 erwähnten älteren Bauarten mit seitlich ganz geschlossenen Fallschächten werden heute selten noch benutzt, namentlich weil dieselben unübersichtlich und schlecht zu reinigen sind. Dagegen finden Fallwerke mit schräg stehenden, einseitig offenen Fallrinnen in Amerika als sogenannte „gravity mixers“ weitgehende Anwendung, außerdem auch Mischer, bei denen das Mischgut nacheinander mehrere übereinander angebrachte Trichter durchfällt; siehe § 17.

Der Hauptnachteil dieser Arten von Mischern liegt darin, dass die Einwurf- und Auslaufstellen des Materials einen großen Höhenabstand haben, und dass deshalb die Aufstellung der betreffenden Fallwerke und der Transport des Materials vielfach Schwierigkeiten bietet. Dazu lässt die Gründlichkeit der Mischung zu wünschen übrig, namentlich das Durchfeuchten der Masse ist meist nicht gleichmäßig genug. Auch ist die Mischung sehr abhängig von der Art des Einwerfens. Als Vorteile ergeben sich andererseits die außerordentliche Einfachheit, das Fehlen bewegter Teile und damit der Fortfall jeglichen Antriebes und namentlich auch die bedeutende Leistungsfähigkeit, welche von keiner der übrigen Bauarten erreicht wird.

**§ 5. Zweite Hauptklasse: Maschinen mit zwangsläufig durch das Mischgut bewegten Arbeitsorganen.** Diese den sogenannten Tonschneidern nachgebildeten Maschinen haben als Arbeitsorgane an einer rotierenden Welle angeordnete, verschiedenartig gestaltete Arme und Flügel, welche durch das Mischgut hindurch bewegt werden. Dabei findet bei geeigneter Anordnung ein weitgehendes Durcheinanderschieben und Durchkneten der Materialien statt, wie es bei bloßem Übereinanderstürzen, d. h. unter alleiniger Einwirkung der Schwerkraft nicht erreicht würde, namentlich nicht bei zäheren Mörteln. Je nach der Lage der Arbeitswelle müssen wir Maschinen mit vertikaler und Maschinen mit horizontaler Arbeitswelle unterscheiden und ferner wieder Maschinen, die fortlaufend arbeiten und solche, die absatzweise abgemessene Mengen verarbeiten.

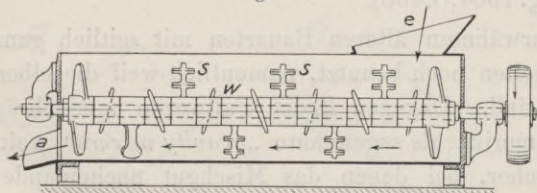
a) **Maschinen für zwangswises, fortlaufendes Mischen.** 1. Maschinen mit vertikaler Mischwelle. Dieselben bestehen aus einem konischen, Fig. 56, oder einem zylindrischen Behälter *a*, Fig. 15, in dessen Mitte sich die mit Mischflügeln versehene Welle *w* bewegt. An dem betreffenden Behälter sind andererseits feste Abstreifmesser *b* befestigt, die zwischen die bewegten Arme vortreten und so ein vielfaches Zerteilen und Verschieben der Masse bewirken und außerdem verhindern, dass das gesamte Mischgut sich in den Behältern im Kreise herum bewegt. Das gemischte Material tritt unten bei *i* selbsttätig aus, während bei *e* frisches Material zugeworfen wird. Die Mischdauer wird durch Einstellen der Größe der Austrittsöffnung mittels eines einfachen Schiebers geregelt.

Fig. 15.



2. Maschinen mit horizontaler Mischwelle. Bei diesen finden wir sowohl Ausführungen mit offenem, als auch mit geschlossenem Mischbehälter, wie bei den Tonschneidern an Ziegelstrangpressen. Erstere haben den großen Vorteil, dass der Mischprozess stets beobachtet und auch der Zustand der Mischflügel leicht erkannt werden kann. Dazu kommt noch bei den offenen Behältern die Möglichkeit einfacherer Reinigung, und endlich ist der Kraftverbrauch geringer.

Fig. 16.



Bei der in Fig. 16 wiedergegebenen Bauart ist *w* die Messerwelle. Das Material wird bei *e* eingeworfen und wandert infolge der schrägen Stellung der Flügel oder Messer langsam nach der Austrittsstelle bei *a*. Die betr. Bewegung wird öfter noch durch geringe Schräglage des Troges unterstützt. Vielfach

werden mit gutem Erfolge zwischen den Flügeln noch Arme mit horizontalen Stiften, sogenannte Mischkreuze *s*, angeordnet, welche schon bei den ältesten dieser Maschinen zur Verwendung kamen.

Die Mischdauer hängt von der Länge des Mischbehälters und der Neigung der Flügelflächen ab, sie kann also nicht geändert werden, wie dies bei Maschinen mit absatzweiser Mischung der Fall ist.

b) **Maschinen mit zwangsweiser, absatzweiser Mischung.** Die ältesten Maschinen dieser Klasse bestanden aus einem gemauerten oder aus Holz gezimmerten Ringtrog, in welchem eiserne Rechen mittels eines Göpelwerkes bewegt wurden. Nachteile der Bauart waren der große Platzbedarf und der Umstand, dass sie nicht transportabel waren; die Vorteile lagen in der guten Durchmischung und der Übersichtlichkeit. Neuerdings sind ähnliche Maschinen wieder auf dem amerikanischen Markte, allerdings in transportabler, verbesserter Ausführung.

Fig. 17 u. 18.

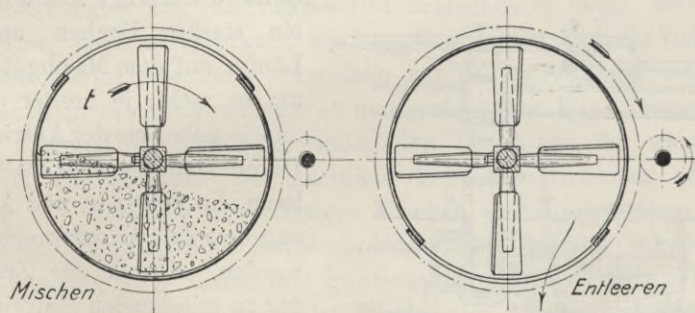


Fig. 19.

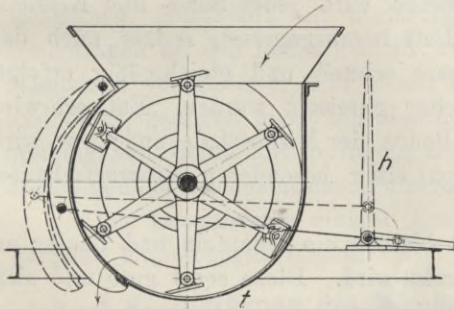
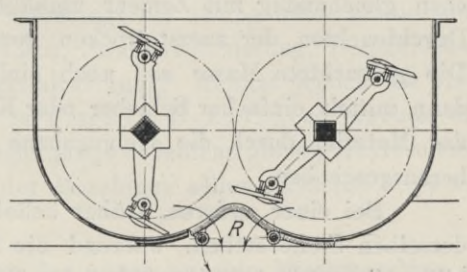


Fig. 20.

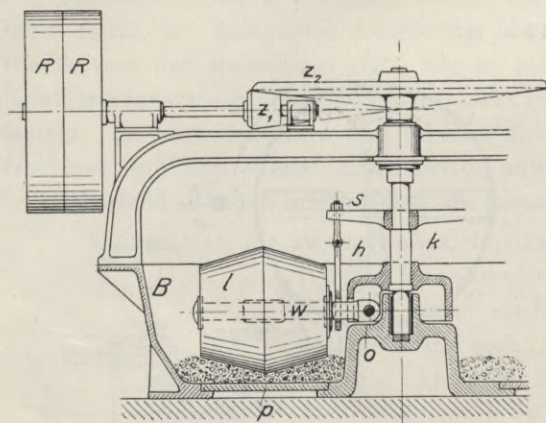


Die wichtigsten und heute verbreitetsten Ausführungsformen der Maschinen mit zwangsweiser und absatzweiser Mischung sind in Fig. 17, 18 u. 19 dargestellt. In beiden Fällen haben wir einen kurzen zylindrischen Trog *t* und eine horizontale Flügel- oder Messerwelle; verschieden ist jedoch die Art der Entleerung. Bei der einen Ausführungsform, siehe Fig. 17 u. 18, wird zu diesem Ende der ganze Trog um rund 180° gedreht — daher auch vielfach die Bezeichnung „Kipptrugmaschine“ — während bei der anderen Bauart, Fig. 19, ein Teil des Troges aufklappbar ist. Zur Vergrößerung der Leistung bei gleichzeitiger Verringerung des Verschleißes an den Trogwänden wird letztere Form auch vielfach als Doppelmaschine, siehe Fig. 20, gebaut, mit Entleerung durch eine Bodenklappe *R*. Zu beachten ist noch, dass bei der in Fig. 17 u. 18 angegebenen Schrägstellung der Flügel das Material auch parallel zur Drehachse hin und her geschoben wird, was bei der Messeranordnung in Fig. 19 u. 20 nicht der Fall ist.

**§ 6. Dritte Hauptklasse: Mischmaschinen mit zwangsläufig über das Mischgut geführten Walzen und Rädern.** Die ältesten Bauarten stellen hier die den Ton-Traden nachgebildeten Mischwerke dar, welche aus einem gemauerten Ringtrog bestanden, in welchem das Mischgut durch darüberlaufende Wagenräder durchgeknetet wurde. Heute sind derartige Maschinen verlassen. An ihre Stelle traten die Mischkoller, welche wohl zuerst in England vor etwa 40 Jahren gebaut wurden.

Die Arbeitsorgane derselben sind schwere Walzen (Läufer) aus Hartguss, siehe Fig. 21, welche in entsprechenden Schalen *B* über das Mischgut hinweg bewegt werden. Mit der Antriebswelle sind die betreffenden Walzen meist so verbunden, dass sie unabhängig voneinander ihre Höhenlage ändern können, je nach der Schichthöhe des Mischgutes. Das durch die Läufer zur Seite gequetschte Material wird durch besondere Schaufeln wieder in den Arbeitsbereich der Läufer gebracht, womit gleichzeitig ein Mischen verbunden ist. Da bei der Vorwärtsbewegung der Läufer *l* nur deren mittlere Umfänge sich abrollen, so findet ein starkes Drehen und Reiben der Läufer auf dem Mischgut statt und zwar um so mehr, je breiter die Läufer sind und je näher sie der Antriebswelle stehen.

Fig. 21.



Mischen verbunden ist. Da bei der Vorwärtsbewegung der Läufer *l* nur deren mittlere Umfänge sich abrollen, so findet ein starkes Drehen und Reiben der Läufer auf dem Mischgut statt und zwar um so mehr, je breiter die Läufer sind und je näher sie der Antriebswelle stehen. Durch konische oder ballige Ausbildung kann die reibende und knetende Wirkung dem Zwecke entsprechend abgeändert werden. Durch das Zusammenpressen der zu mischenden Materialien unter dem Gewicht der Läufer und das Reiben und Kneten wird jedes Sand- und Kiesteil-

chen gleichmäßig mit Zement umhüllt und die Luft herausgepresst, sodass auch das Durchfeuchten der zuerst trocken gemischten Masse schnell und gleichmäßig erfolgt. Die gefeuchtete Masse soll noch einige Zeit weiter gemischt werden. Entleert wird dann mittels einfacher Schieber oder Klappen im Boden der Mischschale und zwar wird das Material durch die freigegebene Öffnung von einer besonderen Auswurfschaufel herausgeschoben.

Bei einer anderen, früher beliebten Bauart bleiben die Schaufeln und Läufer an derselben Stelle stehen, während die Schale gedreht wird. Diese sonst gute und sich billiger bauende Anordnung hat den Nachteil, dass eine geeignete Entleerung der Schale Schwierigkeiten macht. Früher erfolgte daher die Entleerung auch fast stets mit Schaufeln von Hand. Bei einer neueren Bauart (Firma Dango & Dienenthal, Siegen) wird durch den hohlen Drehzapfen der Schale entleert.

Auf jeden Fall kann mit richtig durchgebildeten Mischkollern eine vorzügliche Mischung erzielt werden, selbst noch bei recht geringem Zementzusatz. Das Mischgut ist dabei ständig zu beobachten und leicht eine Probe zu entnehmen.

Es ist nun den Mischkollern vielfach der Vorwurf gemacht worden, dass sie bei Beton das Kies- oder Steinmaterial zerquetschen oder doch ansplittern und so dessen Gefüge lockern zum Nachteil der Festigkeit des Betons. Dieser Übelstand kann jedoch nur eintreten, wenn die Läufer zu schwer, d. h. wie bei Mahlkollergängen gewählt werden. Bei vielen Mischkollern ist außerdem eine besondere Vorrichtung getroffen, welche bewirkt, dass die Läufer sich der Bodenplatte nur bis auf eine bestimmte Entfernung

nähern können, welche so gewählt wird, dass ein Ansplintern oder Zermahlen von Material ausgeschlossen ist. Bei dem in Fig. 21 wiedergegebenen Koller wird z. B. die tiefste Lage der Läufer durch entsprechende Höheneinstellung der Eisen  $h$  bestimmt.

**§ 7. Anwendungsgebiet der verschiedenen Bauarten.** Wie aus vorstehendem hervorgeht, ist die Zahl der Bauarten eine große. Sie ist bedingt durch örtliche Verhältnisse, durch das Arbeitermaterial und dann hauptsächlich durch die Verschiedenartigkeit der herzustellenden Mörtel- und Betonarten. Bei der Frage, welche Bauart am besten zur Verwendung kommt, kann folgendes als Anhalt dienen: Für Bereitung von Kalk-, Trass- und Zementmörtel mit oder ohne Zusatz von feinem Kies, Schlacke u. dergl. sollten nur Maschinen der zweiten Hauptklasse, d. h. solche mit zwangsweiser Mischung oder Kugelmischmaschinen gewählt werden. Dabei ist zu beachten, dass Maschinen mit vertikaler Messerwelle für Mörtel mit geringem Wasserzusatz oder mit Zusatz von Schlacken oder Bimssand weniger geeignet sind als Maschinen mit horizontaler Mischwelle. Die trockenen Mörtel treten nämlich schwer aus den seitlichen Schieberöffnungen aus, und zugesetzte Schlacken u. dergl. setzen sich leicht in der Maschine fest, der Kraftverbrauch wird unnötig erhöht und die Leistung verringert. In diesen Fällen nimmt man dann Maschinen mit liegender Messerwelle.

Für Mischung von Zementmörtel mit größerem Kies (bis etwa 15 mm Korn) und feinem Stampfbeton können außer den Maschinen der zweiten Hauptklasse auch solche der ersten Klasse mit alleiniger Schwerkraftwirkung verwendet werden. Wo es jedoch auf durchaus zuverlässiges Mischen ankommt, sollten stets Maschinen mit zwangsweiser Mischung oder Kugelmischmaschinen gewählt werden.

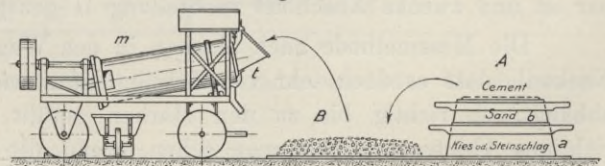
Bei Herstellung von Beton mit grobem Kies oder Steinschlag sind nicht zu verwenden die Maschinen mit vertikalen Mischwellen, dagegen alle übrigen Maschinenarten, wie Trommelbetonmaschinen, Maschinen mit Sturzkasten, Fallwerke, Kugelmischmaschinen, Maschinen mit horizontalen Messerwellen und Mischkoller. Wo hohe Anforderungen an den Beton gestellt werden, sind unbedingt die zwangsweise arbeitenden Maschinen vorzuziehen. Für Beton zu Fundamenten, Straßenbetonierung, Betonblöcken und dergl. genügen meist die Maschinen mit Freifallwirkung. Kommt jedoch die Herstellung von Beton mit geringem Zementzusatz in Frage (z. B. 1:12), so ergeben die Maschinen mit Zwangsmischung und namentlich Kollergänge bedeutend günstigere Resultate.

Vor Besprechung einiger Ausführungen der Maschinen sollen zunächst noch allgemeine Erörterungen folgen.

**§ 8. Zuführung des Mischgutes.** Eine der ersten an eine Mischmaschine zu stellenden Anforderungen ist die Einhaltung des geforderten Mischungsverhältnisses. Um dieses zu erzielen, ist in erster Linie nötig, dass der betreffende Mischmaschine stets gleichbleibende Mengen der zu mischenden Materialien zugeführt werden.

Bei Betonmaschinen mit fortlaufendem Betrieb wird dies sehr häufig in einfachster Weise dadurch zu erreichen gesucht, dass man die zu mischenden Materialien, z. B. Zement, Sand, Kies, in abgemessenen Mengen lagenweise übereinander ausbreitet, einmal umschauvelt (von  $A$  nach  $B$ ) und dann zur Maschine  $m$  bringt; siehe Fig. 22. Zum Abmessen des Sandes und Kieses in den erwähnten Lagen

Fig. 22.



bedient man sich einfacher etwas konischer Messkästen aus Holz ohne Boden. Die Seitenlängen der Kästen betragen unten ungefähr  $1,5 \times 1,2$  m und oben  $1,3 \times 1$  m. Der Kasten *a* für Steinschlag oder Kies wird zuerst auf entsprechender Holzunterlage gefüllt, dann wird der zweite Kasten *b* für den Sand darübergestellt, ebenfalls gefüllt und der Zement darüber ausgebreitet. Nach dem Abheben der Kästen beginnt das Umschaufeln. Die Höhe der Kästen wird je nach dem Rauminhalt der jedesmaligen Materialmenge bestimmt.

Fig. 23.

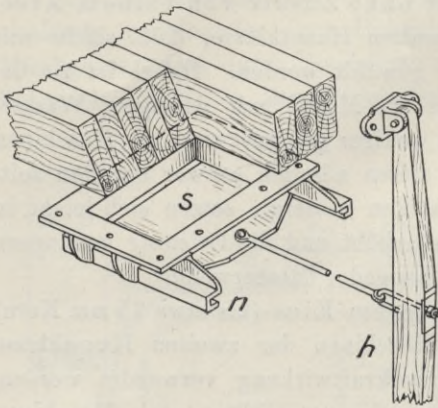


Fig. 24 u. 25.

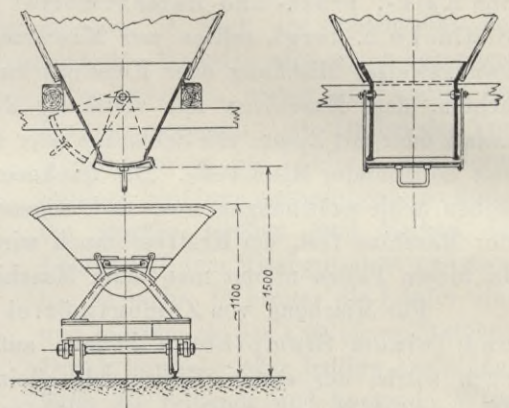
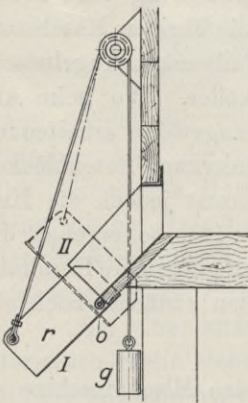


Fig. 26.



Diese Zurichtung des Materials durch Umschaufeln vor Aufgabe auf die Maschinen fällt bei Maschinen mit absatzweiser Mischung hinweg. In den meisten Fällen wird das Mischgut in Kippwagen herangeführt und das richtige Mengenverhältnis dadurch erreicht, dass man den Sand, Kies, Steinschlag u. dergl. bis zu bestimmten, im Innern des Wagens angebrachten Marken einfüllt. Der Zement wird aus kleinen Abmesskästen zugeschüttet. Das Einfüllen der anderen Materialien kann so erfolgen, dass der Wagen an Vorratsplätzen für diese Materialien vorbeigeschoben wird und Arbeiter während dessen eine bestimmte Menge bis zur erwähnten Marke einschaufeln, oder die Materialien rutschen aus höher gelegenen Vorratsbehältern durch entsprechende Ausläufe in die Wagen. Als Abschlüsse der Auslauföffnungen kommen, siehe Fig. 23, Schieber *s* in Verwendung, welche sich jedoch leicht festklemmen, veranlasst durch Sand und Steinstückchen, die in die Führungsnuten *n* geraten. Bedeutend besser sind Abschlüsse durch Pendelklappen, deren Anordnung Fig. 24 u. 25 genügend erkennen lässt. Eine andere Ausführung für seitliche Auslassöffnungen zeigt Fig. 26. Der vordere Teil der Rutsche *r* ist hier als Blechrinne ausgeführt, die um einen Zapfen *o* drehbar ist und zwecks Abschluss in Stellung II gezogen wird.

Die Messmethode nach Marken in den Wagen oder Karren hat nun den großen Nachteil, dass es doch sehr von Zufälligkeiten und der Aufmerksamkeit des Arbeiters abhängt, ob richtig bis zu den Marken gefüllt wird. Eine größere Sicherheit für richtiges Abmessen erhält man schon, wenn die Wagen durch eine Scheidewand in zwei Abteilungen geteilt werden. Dieselben werden ganz gefüllt, und zwar kommt in

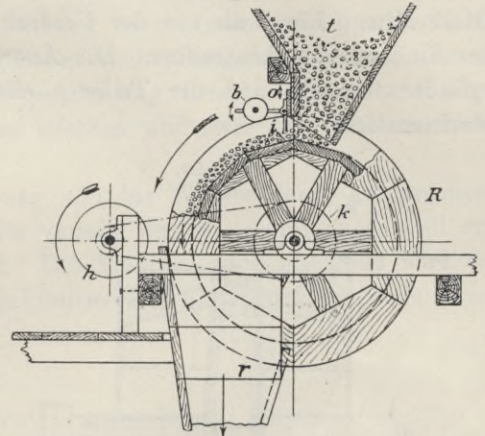


die eine Abteilung Sand, in die andere zuerst eine abgemessene Menge Zement und dann bis obenhin Kies oder Steinschlag; siehe auch § 20.

Ein recht genaues Abmessen der zu mischenden Materialien wird ermöglicht durch Anordnung von besonderen Messkästen an der Maschine, die nach ihrer Füllung gleichzeitig mittels eines Handhebels in den Mischer entleert werden. Die Messkästen werden in ihrer Größe dem verlangten Mischungsverhältnis angepasst und sind leicht auswechselbar.

Um die zum Füllen derartiger Messkästen nötigen Arbeiter zu sparen, vereinigt man bei vielen Ausführungen mit der Mischmaschine mechanische Abmessvorrichtungen, welche aus größeren Vorratsbehältern absatzweise oder fortlaufend die Materialien in richtigem Verhältnis entnehmen und dem Mischer oder Vorfüllbehältern zuführen. In Fig. 27 ist als Beispiel ein bei amerikanischen Mischanlagen öfter zu findender, recht zuverlässiger Zuteilapparat dargestellt, der zum größten Teil der Billigkeit halber aus Holz gebaut wird. Der Hauptteil desselben ist eine größere Trommel  $R$ , auf deren Umfang nebeneinander entsprechend tiefe und breite Rinnen ausgebildet sind. Diese Trommel wird mittels Kettentrieb in langsame Umdrehung versetzt und zwar von Hand oder maschinell. Über der Trommel sind größere Vorratsbehälter für Sand, Kies, Zement u. s. w., deren Ausläufe  $t$  in die erwähnten Rinnen reichen. Bei Drehung der Trommel wird in jeder Rinne eine bestimmte Menge Material mitgenommen, fällt in den Trichter  $r$  und von dort in die Maschine. Die Menge des mitgenommenen Materials ist abhängig von der Größe der Öffnung  $i$ , welche durch Verschieben des Drehpunktes der Klappe  $o$  leicht eingestellt werden kann. Die Klappen  $o$  werden für gewöhnlich durch ein Gewicht  $b$  in der gezeichneten Stellung gehalten. Drückt sich aber ein größerer Materialknollen oder Stein in die Auslauföffnung  $i$ , so gibt die Klappe nach, öffnet sich nach außen und lässt den Stein ohne weiteren Schaden durchtreten.

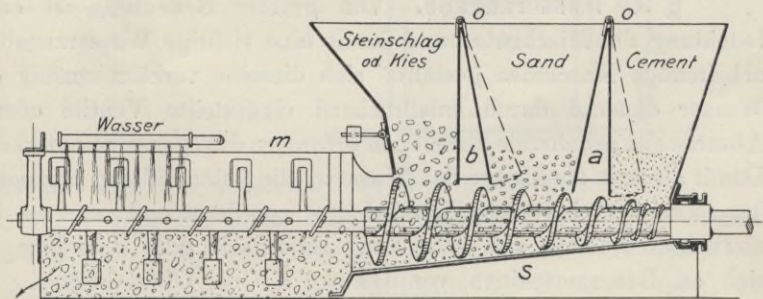
Fig. 27.



Zuweilen werden für gleichmäßige Zuführung der Materialien auch Transportschnecken angewendet und zwar meistens so, dass für jedes Material eine besondere Schnecke vorhanden ist. Durch entsprechende Bemessung der Schnecken und Veränderung ihrer Umdrehzahl mittels auswechselbarer Zahnräder wird das Mischungsverhältnis geregelt.

In Fig. 28 ist eine besondere Anordnung wiedergegeben, bei welcher nur eine Schnecke  $s$  vorhanden ist, welche eine Verlängerung der Welle des Mixers  $m$  bildet.

Fig. 28.



In Fig. 28 ist eine besondere Anordnung wiedergegeben, bei welcher nur eine Schnecke  $s$  vorhanden ist, welche eine Verlängerung der Welle des Mixers  $m$  bildet.

Die Höhen der Schneckenwindungen sind verschieden hoch und entsprechen ungefähr den Mengen der aus den Vorratsbehältern zu entnehmenden Materialien. Eine genauere Einstellung der Mischungsverhältnisse wird durch Verstellen der um die Zapfen  $o$  drehbaren Wände  $a$  und  $b$  der Sand- und Zementbehälter erreicht.

Als Nachteil der Vorrichtung ist wie bei allen ähnlichen Zumessvorrichtungen der unvermeidliche, starke Verschleiß anzusehen.

Eine gute Zuteilvorrichtung stellt die in Fig. 29 wiedergegebene Bauart von E. Trump, Syrakuse (N. Y.) dar. Wie ersichtlich, rutscht das Material aus einem Füllrumpf unter dem natürlichen Böschungswinkel auf eine Platte  $p$  und wird bei Rotation derselben durch einen feststehenden Abstreifer  $m$  in bestimmter Menge heruntergeschoben. Diese Menge hängt ab von der Umdrehzahl der Vorrichtung, der Austrittshöhe  $h$  und der Stellung des Abstreifers. Die Anordnung wird auch so getroffen, dass der Füllzylinder feststeht und der Teller  $p$  allein rotiert (Konstruktion von Gasparry & Co., Markranstädt).

Fig. 29.

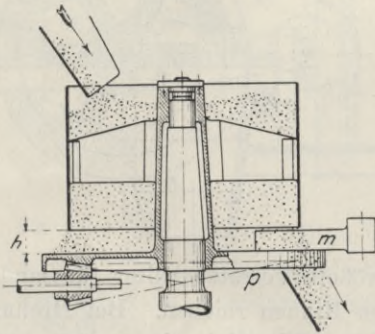
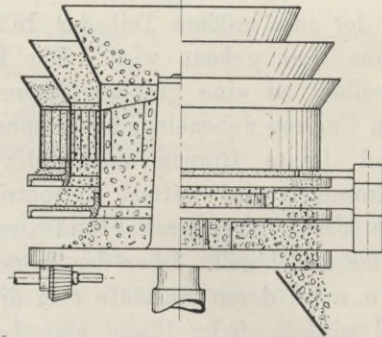


Fig. 30.



Sollen gleichzeitig mehrere Materialien, z. B. Zement, Sand und Kies oder Kleinschlag zuteilt werden, so können mehrere der beschriebenen Vorrichtungen nebeneinander angeordnet oder konzentrisch zusammengebaut werden, wie es Fig. 30 zeigt.

Die betreffenden Vorrichtungen arbeiten gut, so lange die Vorratsbehälter gleichmäßig auf bestimmter Höhe gefüllt gehalten werden und der Feuchtigkeitsgrad der Materialien nicht zu sehr schwankt.

**§ 9. Wasserzugabe.** Von größter Bedeutung ist eine gleichmäßige Durchfeuchtung des Mischgutes und damit eine richtige Wasserzugabe. Bei allen fortlaufend arbeitenden Maschinen gestaltet sich dieselbe verhältnismäßig einfach, insofern als das Wasser dauernd durch entsprechend eingestellte Ventile oder Hähne zulaufen kann. Absatzweise arbeitende Maschinen erfordern dagegen eine unterbrochene Wasserzuführung. Damit alsdann die Menge des Wassers, die jeder Füllung zugesetzt wird, stets die richtige ist, sollte man besondere Messbehälter anordnen und zwar am besten zwei, welche sich abwechselnd füllen und entleeren. Eine recht gute Anordnung der letzteren Art findet sich an Betonmaschinen von Gauhe & Co., Oberlahnstein. Dieselbe ist in Fig. 31 dargestellt; siehe auch Fig. 35.  $W$  ist der Wasservorratsbehälter,  $A$  und  $B$  sind Abmessgefäße, welche abwechselnd durch entsprechende Stellung eines Vierweghahnes  $i$  sich füllen und durch ein Rohr  $o$  nach der Mischtrommel entleeren. Die Messgefäße sind oben abgeschlossen. Damit jedoch beim Füllen die Luft entweichen kann, sind oben offene Aufsatzrohre  $n$  vorgesehen. Die aus den Messgefäßen ablaufende Wasser-

menge wird geregelt durch Standrohre *r*, und zwar läuft so lange Wasser ab, bis der Wasserspiegel zum oberen Rande der Standrohre gesunken ist. Die Standrohre sind nun verschiebbar angeordnet und können in der gewünschten Höhenlage festgestellt werden. Ihre Verbindung mit dem Vierweghahn geschieht durch kurze Schläuche *k*.

Bezüglich der Wasserzugabe ist noch zu bemerken, dass auch die Art und Weise derselben bei Zementmörtel und Beton auf die Güte der Mischung von Einfluss ist. Bringt man nämlich gleichzeitig mit dem Zement, Sand und Kies das Wasser in den Mischer, so erhält man eine schlechte Mischung, da sich der Zement zwischen dem feuchten Sand und Kies sehr schlecht verteilt. Bedeutend besser wird die Mischung, wenn man das Wasser erst zusetzt, nachdem eine gründliche Trockenmischung stattgefunden hat, was an der Gleichmäßigkeit der Färbung zu erkennen ist. Umständlicher — daher auch seltener ausgeführt — aber bei Beton noch günstiger ist es, erst Zement und Sand trocken, dann mit Wasser zu einer gleichmäßig feuchten Masse und diese mit dem angehästen Kies bzw. Steinschlag zu mischen und zwar am besten in einer besonderen zweiten Mischmaschine.

Bei Maschinen mit absatzweiser Mischung soll das Wasser durch entsprechend gelochte Rohre über die ganze Maschinenbreite verteilt werden, damit es schnell und gleichmäßig von der Masse aufgenommen wird. Bei Trommelmischmaschinen wird das Wasser am besten so zugeführt, dass das Material immer über die angehästete Stelle stürzt.

Fig. 31.

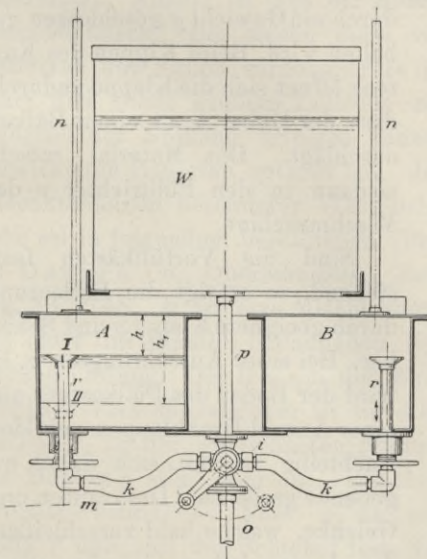
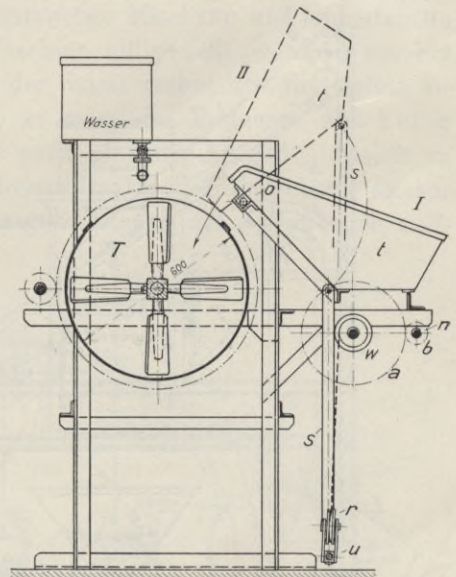


Fig. 32.

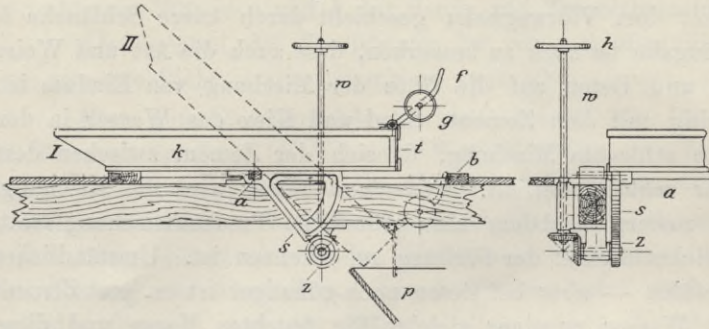


§ 10. Vorfüllkästen. Um bei absatzweisem Mischen die Zeit für das Füllen der Mischer abzukürzen, findet man bei allen besseren Maschinen besondere Vorfüllkästen angeordnet, d. h. verschiedenartig gestaltete Gefäße, in die während der Mischzeit das neue Mischgut eingefüllt wird. Nach dem Entleeren des Mischers kann dann dieses neue Mischgut in kürzester Zeit aus dem Vorfüllkasten in den Mischer geschüttet werden. Dabei wird der Füllkasten entweder entsprechend gekippt, oder er bleibt stehen, während durch Klappen oder Schieber Ausläufe für das Mischgut geöffnet werden.

Einen kippbaren Füllkasten der Firma Gauhe & Co., Oberlahnstein zeigt Fig. 32. In derselben bezeichnet *T* den Mischtrog, *t* den Füllkasten, der bei *o* drehbar gelagert ist.

Bewegt wird er mittels zweier Stangen *s*, die ihrerseits durch eine Stange *u* verbunden sind. In der Mitte dieser Stange ist eine kleine Rolle *r* angeordnet, um welche eine

Fig. 33 u. 34.

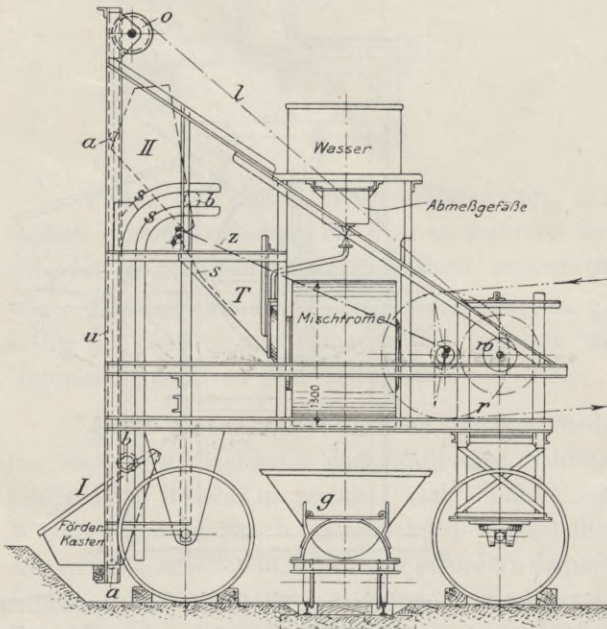


Kette geschlungen wird, deren Enden an einer kleinen Trommel *w* befestigt sind. Diese Trommel wird mittels eines Rädervorgeleges *a* und *b* durch eine auf die Welle *n* gesteckte Handkurbel gedreht. Beim Aufwinden der Kette kommt der Kasten *v* in die Stellung II, und das Material

rutscht in den Mischtrög. Bei der in Fig. 58 wiedergegebenen, kleinen Trogmischmaschine wird der Vorfüllkasten *t* mittels entsprechender Handhaben direkt gekippt.

Bei amerikanischen Mischanlagen sind vielfach Vorfüllkästen verwendet, wie sie Fig. 33 u. 34 darstellt. Es sind flache Kästen aus Holz oder Eisen, die um seitliche Zapfen drehbar sind. Die Drehung wird bewirkt durch ein Handrad *h* und auf den Kasten durch die gezeichneten Räder und einen Zahnbogen übertragen. Eine Schmalseite des Kastens nimmt eine Drehklappe ein, die in der Stellung I durch ein Gewicht *g* geschlossen gehalten wird. Beim Kippen des Kastens öffnet sich die Klappe dadurch, dass der Hebel *g* an einen Balken anschlägt. Das Material rutscht alsdann in den Fülltrichter *p* der Mischmaschine.

Fig. 35.



Sind die Vorfüllkästen feststehend, so erfolgt die Entleerung durch geeignete Klappen und Schieber. Bei einer Ausführungsart z. B. wird der Boden des Füllkastens aus einer Anzahl Drehklappen gebildet. Nachteilig ist die sich dabei ergebende große Zahl Drehzapfen und Gelenke, welche bald verschleissen. Am besten haben sich im allgemeinen Verschlüsse bewährt, wie sie in Fig. 24, 25, 26 und 66, 67 dargestellt sind.

Bei seitlichen Ausläufen aus den Vorfüllkästen werden öfter noch besondere, durch kleine Exzenter bewegte Rüttelbleche *s* angeordnet, siehe Fig. 35, damit das Material schnell und vollständig aus dem Füllkasten rutscht.

Bei seitlichen Ausläufen aus den Vorfüllkästen werden öfter noch besondere, durch kleine Exzenter bewegte Rüttelbleche *s* angeordnet, siehe Fig. 35, damit das Material schnell und vollständig aus dem Füllkasten rutscht.

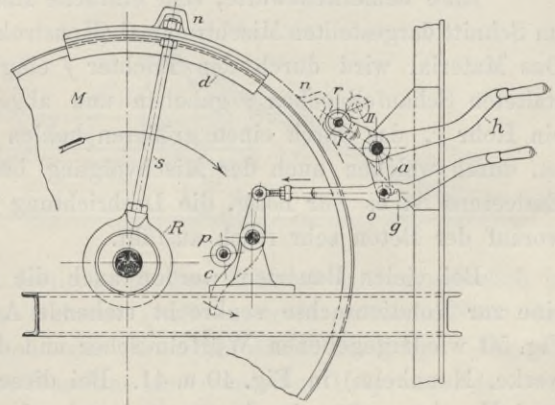
**§ 11. Hebevorrichtungen für das Mischgut.** Zur möglichsten Verminderung von Handarbeit beim Einfüllen des Materials in die Mischer, bezw. die Vorfüllkästen rüstet man namentlich größere Maschinen mit besonderen maschinellen Hebevorrichtungen

aus. Fig. 35 zeigt eine solche Einrichtung (Firma Gauhe & Co., Oberlahnstein). Das Mischgut wird aus den Transportkarren in den Förderkasten geschüttet, während derselbe sich in seiner tiefsten Stellung befindet. Der Förderkasten hängt an zwei über Rollen *o* laufenden Drahtseilen *l*, welche nach Einrückung entsprechender Kupplungen sich auf zwei Trommeln *w* aufwinden und den Förderkasten heben. An dem Kasten sind vier Führungsrollen, von denen zwei, mit *a* bezeichnet, in vertikalen C-Eisen *u*, die beiden anderen *b* zwischen L-Eisen *s* laufen. Es wird dadurch erreicht, dass der Förderkasten in der Höchststellung umkippt. Das Mischgut rutscht dann in den Vorrüllbehälter *T* und nach Hochziehen eines Schiebers in die Mischtrommel. Beim Entleeren der letzteren fällt die Masse in flache Karren *g*.

Bei den Hebewerken tritt leicht infolge ungleichen Aufwickelns der Seile ein Schiefstellen und Ecken des Förderkastens ein. Das ungleiche Aufwickeln erfolgt, wenn die einzelnen Seilwindungen sich nicht nebeneinander oder in ausgesparte Rillen legen, sondern sich übereinanderwickeln. Zu vermeiden ist dasselbe, wenn man das Seil nicht auf Seiltrommeln, sondern zwischen zwei um die Seilbreite auseinanderstehenden Scheiben sich aufwickeln lässt. Auch die Anordnung eines in der Mitte des Förderkastens angreifenden Aufzugseiles vermindert die Gefahr des Eckens der Förderkasten, hat aber den Nachteil, dass sich die Aufzugsgerüste höher bauen.

§ 12. Entleeren der Maschinen mit absatzweiser Mischung. Bei fortlaufender Mischung bietet die Entleerung keine Schwierigkeiten und bedingt keinen Zeitverlust. Anders ist dies bei Maschinen mit absatzweiser Mischung und umlaufenden Mischbehältern. Bei diesen muss vielfach die Maschine stillgestellt werden, um ein Entleeren und Füllen vornehmen zu können. Soll der damit verbundene Zeitverlust erspart und somit größere Leistung erzielt werden, so muss das Entleeren und Füllen während der Drehung erfolgen können, eine nicht ganz einfache Aufgabe, die oft zu verwickelten Bauarten geführt hat. Jedenfalls ist diesem Punkte bei Beurteilung solcher Mischmaschinen besonderer Wert beizulegen. Eine gute Lösung der betreffenden Aufgabe sei in folgendem beschrieben (Bauart Gauhe & Co., Oberlahnstein); siehe Fig. 36 u. 48. *M* ist eine Mischtrommel mit einer im Mantel befindlichen Entleerungsöffnung. Der frei um die Welle drehbare Verschlusschieber ist mit *d* bezeichnet. In der gezeichneten Stellung des Hebels *h* stößt eine am Verschlusschieber befindliche Nase *n* an eine Rolle *r* und hält den Schieber fest. Die Trommel dreht sich unter demselben weiter und entleert sich. Der Hebel *g* muss dabei allerdings so in den Zapfen *o* am Hebel *h* eingehakt sein, dass er weiter nach links steht. Eine an der Trommel feste Rolle *p* läuft dann an dem Hebel *c* vorbei. Soll nun der Schieber *d* über die Entleeröffnung geschoben werden, so wird der Hebel *g*, so wie gezeichnet, in *o* eingehakt. Die Rolle *p* stößt dann an *c*, bewegt *g* nach links und die Rolle *r* an *h* kommt in die Stellung II, und zwar ist *p* so gesetzt, dass diese Bewegung von *r* gerade erfolgt, wenn der Schieber über der Entleeröffnung steht. Derselbe dreht sich

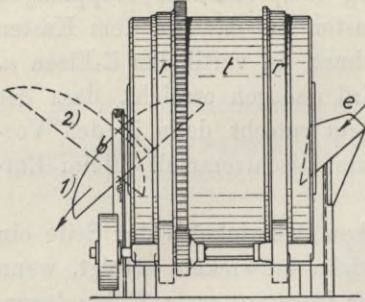
Fig. 36.



über die Entleeröffnung geschoben werden, so wird der Hebel *g*, so wie gezeichnet, in *o* eingehakt. Die Rolle *p* stößt dann an *c*, bewegt *g* nach links und die Rolle *r* an *h* kommt in die Stellung II, und zwar ist *p* so gesetzt, dass diese Bewegung von *r* gerade erfolgt, wenn der Schieber über der Entleeröffnung steht. Derselbe dreht sich

dann mit der Trommel weiter, und seine Reibung genügt, um ein selbsttätiges Verschieben zu verhindern. Das Einfüllen des neuen Mischgutes erfolgt an einer Stirnseite der Trommel.

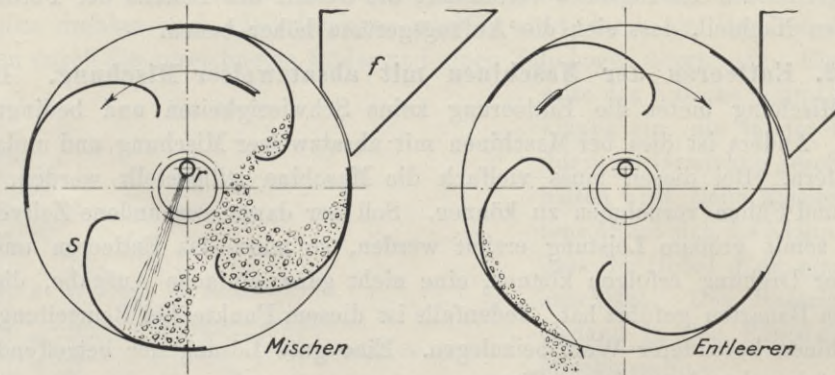
Fig. 37.



Wenn die Rinne *b* sich in der Stellung 2 befindet, fällt das hochgehobene Material wieder in die Trommel zurück.

Eine einfache, aber nur bei verhältnismäßig schmalen Mischtrommeln anwendbare Entleerungsweise durch eine Stirnseite der Trommel zeigt Fig. 37 (Konstruktion Ransome). Das Mischgut wird über die Rutsche *e* in die auf Rollen laufende Mischtrommel *t* eingebracht. Soll entleert werden, so wird die Rinne *b* in die Stellung 1 gebracht. Das Material wird in der Trommel durch Mitnehmertaschen hochgehoben, fällt auf die Rinne *b* und rutscht in untergestellte Karren oder Vorratsbehälter; siehe auch Fig. 67.

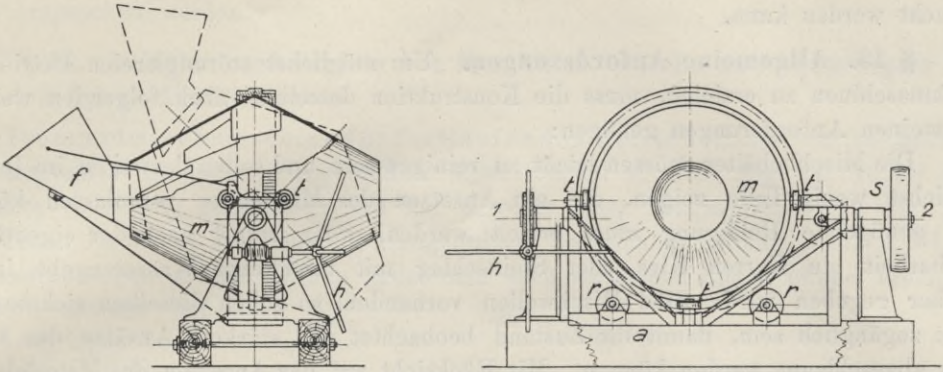
Fig. 38 u. 39.



Eine bemerkenswerte, sehr einfache Entleerungsart wird bei der in Fig. 38 u. 39 im Schnitt dargestellten Mischtrommel (Konstruktion Peschke, Zweibrücken) angewendet. Das Material wird durch den Trichter *f* eingefüllt und dann von vier eigenartig gestalteten Schaufelblechen *s* gehoben und abgestürzt. Die Wasserzugabe erfolgt durch ein Rohr *r*, das durch einen größeren hohlen Zapfen an der einen Stirnseite geführt ist, durch welchen auch der Mischvorgang beobachtet werden kann. Zum Zweck des Entleerens ist es nur nötig, die Drehrichtung der Trommel zu ändern, siehe Fig. 39, worauf der Beton sehr rasch ausfällt.

Bei vielen Bauarten werden auch die ganzen Mischbehälter zum Entleeren um eine zur Rotationsachse senkrecht stehende Achse gekippt. Als Beispiel siehe den in Fig. 50 wiedergegebenen Würfelmischer und den Mischer (Konstruktion Smith, Draiswerke, Mannheim) in Fig. 40 u. 41. Bei dieser Bauart besteht der Mischbehälter *m* aus zwei Kegelstumpfen, in denen entsprechende Mitnehmerbleche angeordnet sind. Derselbe läuft auf Tragrollen *r* und zwischen Stützrollen *t* und erhält seinen Antrieb von der Riemenscheibe *s* unter Einschaltung von Kegelrädern und Stirnrädern. Die erwähnten Rollen sind in einem Rahmen *a* angeordnet, der zwecks Entleeren durch das Sternrad *h* und Wurmradtrieb um die Achse 1—2 in die punktiert angegebene Stellung geschwenkt wird.

Fig. 40 u. 41.



Eigenartig ist die Entleerung bei Mixchern der Firma Äbi, Zürich, deren Mischbehälter, siehe Fig. 42, aus zwei Kugelschalen zusammengesetzt ist. Zwecks Entleerens wird die eine Schale *B* achsial verschoben. Durch den entstehenden Ringspalt fällt das Material heraus. Das Verschieben der Schale *B* erfolgt mittels eines Links- und Rechtsgewindes *m*, in das ein Stift *s* oder *t* eingreift. In diesen Teil der Maschine werden sehr starke Beanspruchungen kommen, die zu starkem Verschleiß oder Bruch führen, wenn sich zwischen den beiden Schalen Sand- und Kiesteilchen festsetzen.

Bezüglich der Entleerung der Mischer bei zwangsweiser Mischung siehe Fig. 17 bis 20.

Fig. 42.

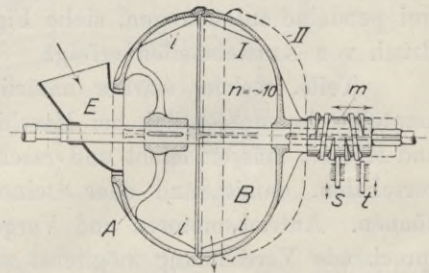
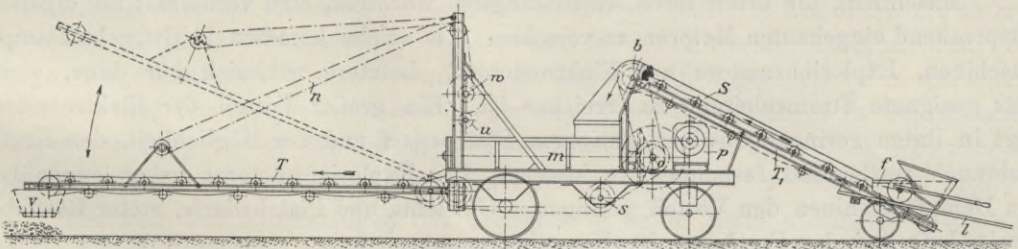


Fig. 43.



Das aus den Maschinen entleerte, fertig gemischte Material wird gewöhnlich in kleinen Wagen fortgeschafft. Liegt die Gebrauchsstelle stets in größerer Nähe der Mischmaschine, so kommen auch Rutschen oder Transportbänder in Frage. Fig. 43 zeigt z. B. eine mit letzteren ausgerüstete Maschine amerikanischen Ursprungs, die vornehmlich zum Gebrauch bei Straßenbetonierungen bestimmt ist. Das zu mischende Material wird über ein Laufbrett *l* angefahren und durch das Transportband *T*<sub>1</sub> zur Mischmaschine *m* gebracht, die von einem Elektromotor *p* oder Explosionsmotor angetrieben wird. Das fertig gemischte Material fällt auf das Band *T*, welches nach den Seiten schwenkbar ist, sodass der Beton im Bogen über die ganze Straßenbreite verteilt werden kann. Beide Transportbänder werden ebenfalls von dem Motor *p* aus

mittels Ketten angetrieben. Das Transportband  $T$  ist auch mittels eines Windwerkes  $w$  in schräge Stellung zu bringen, sodass der Beton nach höher gelegenen Stellen hin gebracht werden kann.

**§ 13. Allgemeine Anforderungen.** Um möglichst störungsfreien Betrieb der Mischmaschinen zu erzielen, muss die Konstruktion derselben noch folgenden weiteren allgemeinen Anforderungen genügen:

Die Mischbehälter müssen leicht zu reinigen sein und sollen deswegen im Inneren möglichst wenig Teile zeigen, die ein Ansetzen des Mischgutes veranlassen können. Eine genügende Reinigung muss erzielt werden, wenn sofort nach der eigentlichen Mischarbeit ein Karren Kies oder Steinschlag mit reichlicher Wasserzugabe in den Mischer gegeben wird. Sind Mischwellen vorhanden, so sollen dieselben sichtbar und leicht zugänglich sein, damit ihr Zustand beobachtet und stärkere Ansätze des Mischgutes abgeschlagen werden können. Mit Rücksicht auf das Ansetzen des Materials sind die langen Trommeln für fortlaufend mischende Maschinen auch nicht mit durchgehender Welle und stützenden Armkreuzen im Inneren auszuführen, zumal diese auch die Bewegung des Mischgutes stören würden. Die betreffenden Trommeln sind vielmehr auf Tragrollen zu lagern; siehe Fig. 44 u. 45. Abstreifer zum Befreien der Trommelwände von angesetztem Material dürfen nicht zwangsläufig bewegt werden, sondern sind frei pendelnd aufzuhängen, siehe Fig. 48, damit bei einem Festklemmen derselben kein Bruch von Antriebsteilen erfolgt.

Teile, welche starker natürlicher Abnutzung unterworfen sind, z. B. Trommelmantelbleche, namentlich bei Maschinen mit zwangsweiser Mischung, ferner Mischarme und Messer, müssen leicht und rasch auszuwechseln sein. Zahnradgetriebe sind gut zu verschalen, damit Sand oder Steine nicht in dieselben fallen und Brüche veranlassen können. Antriebsmotoren und Vorgelege sind auch gegen Staub und Regen durch entsprechende Verschalung möglichst zu schützen.

Maschinen mit Freifallmischung sind möglichst geschlossen auszuführen, damit der beim Trockenmischen entstehende Zementstaub die Arbeiter nicht belästigt.

Maschinen, die öfters ihren Aufstellungsort wechseln, sind vorteilhaft mit eigenen, entsprechend eingebauten Motoren zu versehen. Als solche kommen in Betracht Dampfmaschinen, Explosionsmotore und Elektromotore. Letztere natürlich nur dann, wenn stets geeignete Stromzuleitung zu erreichen ist. Ein großer Vorteil der Elektromotore liegt in ihrem geringen Gewicht, geringem Platzbedarf und der Möglichkeit, den Kraftverbrauch fortlaufend feststellen zu können. Die Explosionsmotoren haben gegenüber den Dampfmaschinen den Vorteil geringeren Gewichts und Platzbedarfs, steter Betriebsbereitschaft und des Fortfalles der Kesselbedienug.

Sollen in der Nähe der Mischmaschinen noch Materialaufzüge, Pumpen, Steinbrecher u. dergl. betrieben werden, so dürfte wohl stets eine gemeinsame Antriebsmaschine (Lokomobile, Explosionsmotor oder Elektromotor) mit entsprechendem Vorgelege am Platze sein, ebenso, wenn eine größere Mischanlage mit mehreren Mixchern vorliegt.

Sollen die Mischmaschinen öfter ihren Aufstellungsort wechseln, so sind sie auch vorteilhaft mit einem Fahrgestell zu versehen. Bei einem eigenen Antriebsmotor die Anordnung so zu treffen, dass die Maschine sich auch mit eigener Kraft vorwärts bewegen kann, ist nur in besonderen Fällen angebracht. Abgesehen davon, dass teure Getriebe hinzukommen, ist auf schwierigem Bau terrain doch noch Vorspann nötig, wenn nicht der Motor unnötig stark gewählt wird.



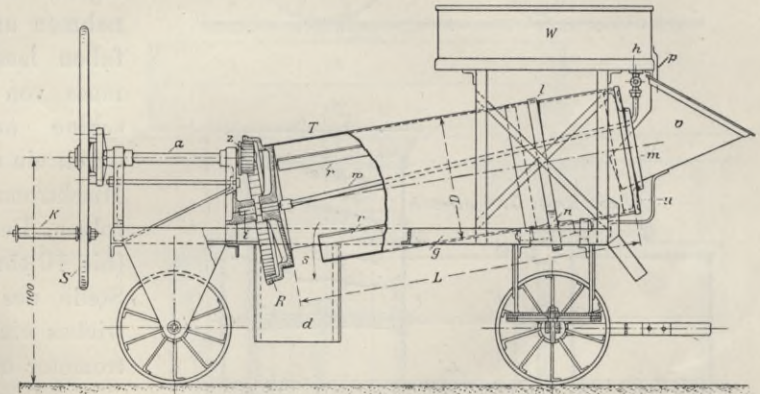
Nachdem in den vorhergehenden Abschnitten die Mischmaschinen nach allgemeinen Gesichtspunkten betrachtet worden sind, sollen zunächst einige Ausführungen als Beispiele besprochen werden.

#### § 14. Ausführungsbeispiele von Maschinen, welche unter alleinigem Einfluss der Schwerkraft mischen.

Trommelmischmaschine für fortlaufenden Betrieb (Bauart von Gauhe & Co., Oberlahnstein). Die geneigt angeordnete Mischtrommel *T*, siehe Fig. 44, ist auf einer Stirnseite vollständig geschlossen und hat daselbst einen Tragzapfen *i*. In der Nähe des offenen Endes ist ein Laufring *l* angeordnet, der sich auf Rollen *n* stützt. Unter

Fig. 44.

den Ausführungen anderer Firmen findet man auch an beiden Enden offene Trommeln, die sich alsdann auf zwei Laufringen bewegen; siehe auch Fig. 45 u. 46. Die Drehung der Trommel erfolgt mittels Zahnrädern *z* und *R* von einer Vorgelegewelle *a* aus, auf welcher bei Handantrieb ein Schwungrad *S* mit Kurbel *k*, bei maschinellm Betrieb entsprechende Riemenscheiben aufgesetzt werden können. Bewegliche Teile sind im



Innern der Trommel nicht vorhanden, nur einige feste Winkeleisen *r* zum Mitnehmen des Materials. Dieses wird durch einen Trichter *v* eingeschaufelt und fällt am anderen Trommelende durch eine Öffnung *s* auf eine Rutsche *d* oder direkt in untergeschobene, flache Karren. Da die Mischung zuerst trocken erfolgen soll, tritt das durch ein Rohr *w* aus einem Behälter *W* kommende Wasser erst in der Mitte der Trommel aus. Die Menge des zutretenden Wassers wird durch einen Hahn *h* geregelt. Um annähernd gleichbleibende Mischungsverhältnisse zu erzielen, muss das Mischgut in abgemessenen Mengen vor Aufgabe auf die Maschine umgeschauelt werden, siehe auch § 8, oder die Maschine muss mit besonderen Abmessvorrichtungen ausgerüstet werden; siehe auch § 8.

Die von den Abmessungen der Trommel in erster Linie abhängige Leistung beträgt bei den größten Ausführungen bis 7 cbm in der Stunde. Der Kraftbedarf ist verhältnismäßig gering und beträgt je nach Größe der Maschine  $\frac{1}{2}$  bis 1 PS. bei 50 bis 60 Umdrehungen der Trommel in der Minute. Bei Handbetrieb sind 1 bis 2 Mann an der Kurbel nötig. Die Umdrehungszahl der Trommel ist alsdann geringer und beträgt ungefähr 10 bis 20 in der Minute bei entsprechend geringerer Leistung. Zum Einschaueln von vorgerichtetem Material sind 2 bis 3 Arbeiter nötig. Abmessvorrichtungen erfordern einen Mann für den Zement und 2 bis 3 Arbeiter für Kies und Sand. Der Preis der Maschinen beträgt je nach Größe und Ausrüstung (Abmessvorrichtungen, Wasserkasten u. s. w.) ungefähr 500 bis 1000 M.

Fig. 45 u. 46 geben in Seitenansicht und Grundriss eine kleinere Betonmischmaschine der Mc. Kelvey Concrete Machinery Co., Chicago, wieder, welche wegen ihrer

einfachen und leichten Bauart für Arbeiten an öfter wechselndem Ort, wie Einbetonierung von Leitungsmasten, Reparaturen von Straßenbahnunterbauten u. dergl. sehr geeignet

Fig. 45 u. 46.

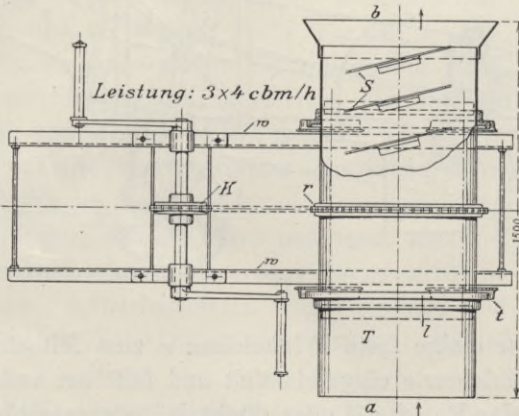
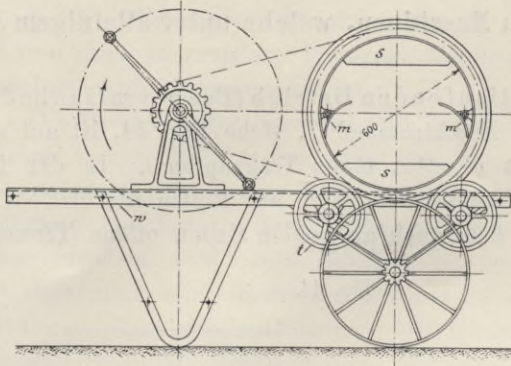
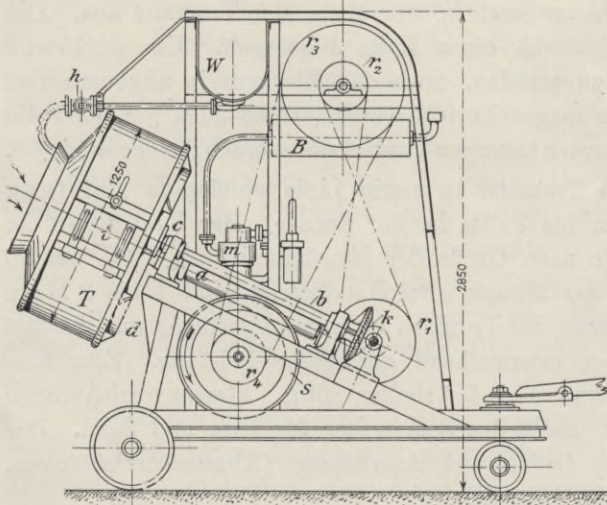


Fig. 47.

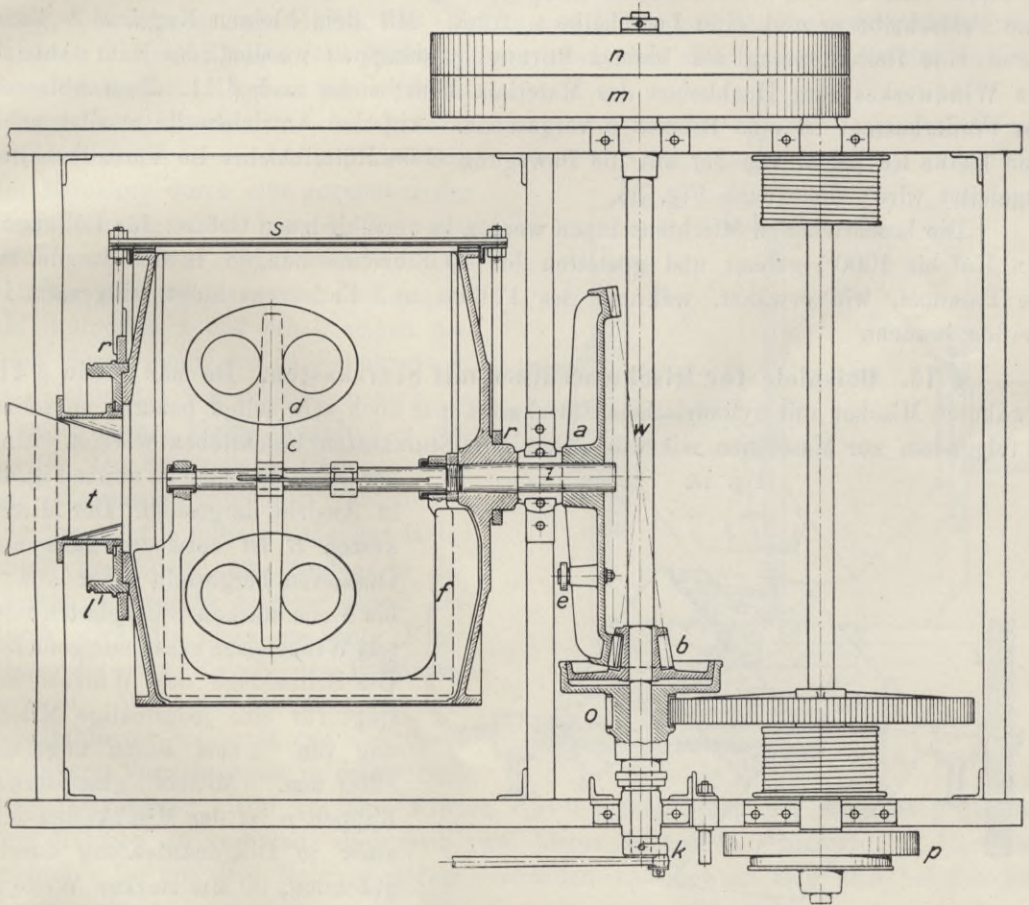


erscheint. Die Mischtrommel  $T$  ist horizontal auf vier Rollen  $t$  gelagert und erhält ihren Antrieb durch eine Kette von einer Welle mit zwei Handkurbeln. Das bei  $a$  eingeschaufelte Mischgut wird durch schräg stehende Bleche  $s$  nach der Austrittsstelle hingeschoben. Außerdem sind noch zwei gekrümmte Bleche  $m$  drehbar gelagert, die Mischgut mit hochnehmen und aus bestimmter Höhe fallen lassen. Die Wasserzufuhr muss von einem seitlich der Maschine aufgestellten Wasserschüssel durch ein entsprechend weit in die Mischtrommel geführtes Rohr erfolgen. Bei größeren Ausführungen (bis 10 cbm in der Stunde) ist an Stelle des gezeichneten Handantriebes ein Explosionsmotor, Elektromotor oder eine Dampfmaschine angeordnet.

Eine ebenfalls mit freiem Fall des Mischgutes, aber absatzweise arbeitende, fahrbare Mischmaschine nach Ausführungen der Maschinenfabrik Hild & Metzger in Berg-Stuttgart ist in Fig. 47 dargestellt. Abweichend von allen anderen Bauarten ist die Achse  $a$  der Mischtrommel  $T$  schräg gestellt und die Trommel selbst fliegend angeordnet. Für diese Anordnung wird als Vorteil geltend gemacht, dass es möglich ist, die Mischung fortwährend beobachten zu können. In der Trommel sind 6 Stück drehbare Schaufeln, welche das Mischgut mit hochnehmen und dann fallen lassen. Der Einwurf des Mischgutes erfolgt durch die zentrale Öffnung des oberen Trommelbodens, die Leerung durch eine Klappe  $t$  im Trommelmantel. Zum Öffnen, bezw. Schließen dieser Klappe muss die Trommel stillgestellt werden, was als Nachteil bezeichnet werden

muss. Die Wasserzugabe geschieht von dem Behälter *W* aus durch den Hahn *h*. Die Drehung der Mischtrommel erfolgt mittels eines in den innen verzahnten Zahnkranz *d* am unteren Trommelboden eingreifenden Zahnrades *c* auf der Welle *b*, die durch Kegelräder *k* von einer Querwelle bewegt wird. Der Antrieb der Querwelle erfolgt durch einen Riemen mit Fest- und Losscheibe, sodass durch Verschieben des Riemens die Mischtrommel leicht stillgestellt werden kann. Als Kraftquelle dient bei der in Fig. 47 wiedergegebenen Ausführung ein kleiner Benzinmotor *m*, der ebenso wie ein Elektromotor seiner hohen Umdrehzahl halber ein Vorgelege *r*<sub>2</sub>, *r*<sub>3</sub> nötig macht. Motor, Vorgelege und Riementriebe sind durch Blechverschalung gegen Verschmutzen geschützt. Als Betriebskraft ist nach Angabe der ausführenden Fabrik 1 bis 1,5 PS. nötig. Die auf einmal zu mischende Menge beträgt  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  cbm und die Mischzeit 1,5 bis 2 Minuten.

Fig. 48.



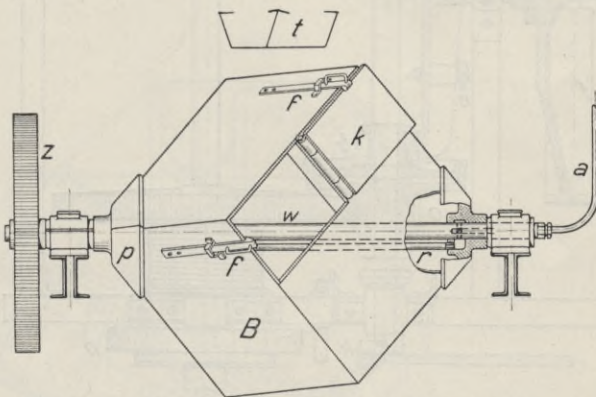
Als weiteres Beispiel von Trommelmischmaschinen ist in Fig 48 eine solche der Firma Gauhe & Co., Oberlahnstein, im Grundriss und teilweisem Schnitt wiedergegeben. Ein schematisches Gesamtbild derselben Maschine gibt Fig. 35. Eine Beschreibung des Trommelverschlusses ist in Anschluss an Fig. 36 bereits gegeben worden und ebenso die Wasserabmessvorrichtung in § 9. Wie nun aus Fig. 48 ersichtlich, ist die Mischtrommel von etwa 1200 mm Durchmesser rechts mit einem Zapfen *z* und links mit einem auswechselbaren Laufring *l* auf zwei Tragrollen gelagert. Durch den Tragring

geht ein fest gelagerter Trichter *t*, an den ein Vorfüllbehälter anschließt. Durch diese Anordnung ist ein Füllen während der Rotation der Trommel ermöglicht. Auch das Entleeren erfordert kein Stillsetzen der Trommel, da eine besondere Hebelanordnung ein richtiges Verschieben des Verschlussschiebers *s* während der Drehung der Trommel ermöglicht; siehe Beschreibung zu Fig. 36. Die Hebel zum Bewegen des an zwei Ringen *r* hängenden Schiebers sind nicht gezeichnet, nur eine Steuerrolle *e* an dem großen Antriebskegelrad *a*. Der Laufzapfen *z* der Trommel ist in das Innere der Trommel verlängert und trägt hier zwei Arme *c* mit sogenannten Wendeschaukeln *d*, die mit der Trommel umlaufen und das Mischen gut unterstützen. An dem Trommelmantel befestigte Mitnehmerbleche sind nicht vorhanden und dadurch die Anordnung eines Abstreifers *f* für die Reinigung der Trommelwandung ermöglicht. Derselbe ist frei schwingend derart aufgehängt, dass er bei zufälligem Festklemmen einfach mit der Trommel rotiert. Der Antrieb der Trommel erfolgt von der Welle *w* aus, die fliegend eine Festscheibe *m* und eine Losscheibe *n* trägt. Mit dem kleinen Kegelrad *b* kann durch eine Reibkupplung ein kleines Stirnrad *o* gekuppelt werden, das zum Antrieb des Windwerkes zum Hochheben des Materials dient; siehe auch § 11. Zum Ablassen des Förderkastens ist eine Bremse *p* vorgesehen. Auf der Antriebswelle *w* sitzt noch eine kleine Kurbel *k*, von der aus die Bewegung eines Rüttelbleches im Vorfüllbehälter abgeleitet wird; siehe auch Fig. 35.

Die beschriebenen Mischmaschinen werden in verschiedenen Größen für Füllungen von 150 bis 1000 l gebaut und gestatten bis 40 Einzelmischungen in der Stunde, da die Trommel, wie erwähnt, während des Füllens und Entleerens nicht stillgesetzt zu werden braucht.

**§ 15. Beispiele für Mischmaschinen mit Sturzkasten.** Da man die in § 4 b. erwähnten Mischer mit zylindrischem Sturzkasten nur noch sehr selten benutzt, so sollen in folgendem nur Maschinen mit würfelförmigem Sturzkasten beschrieben werden. Eine

Fig. 49.



derartige Maschine ist nun in Fig. 49 in Ansicht dargestellt. Der Mischkasten *B* ist entweder ganz aus Gusseisen hergestellt oder aus 6 bis 8 mm starken Blechplatten mittels Winkeleisen zusammengenietet. Die Seitenlänge des Würfels beträgt für eine jedesmalige Mischung von  $\frac{3}{4}$  cbm Beton ungefähr 1250 mm. Mittels gusseiserner Kappen *p* ist der Mischkasten mit einer in Diagonalrichtung durchgehenden, 90 mm starken Welle *w*

verbunden. Die Umdrehungszahl beträgt rund 30 in der Minute. Zum Antrieb dient ein auf der betreffenden Welle sitzendes Zahnrad *z*, in welches ein kleineres Zahnrad eines mit rund 150 Umdrehungen laufenden Vorgeleges eingreift. Das Füllen und Entleeren erfolgt durch die gezeichnete Öffnung, welche durch eine Klappe *k* geschlossen werden kann. Zum Festhalten dieser Klappe dienen zwei Schnappfedern *f*, die an kleinen Handgriffen zurückgezogen werden können. Das zur Mischung nötige Wasser wird aus einem Messbehälter durch ein Rohr *a* zugeführt, das mittels Stopfbüchse in die Welle *w* eingeführt ist. Durch entsprechende Bohrungen in der Welle

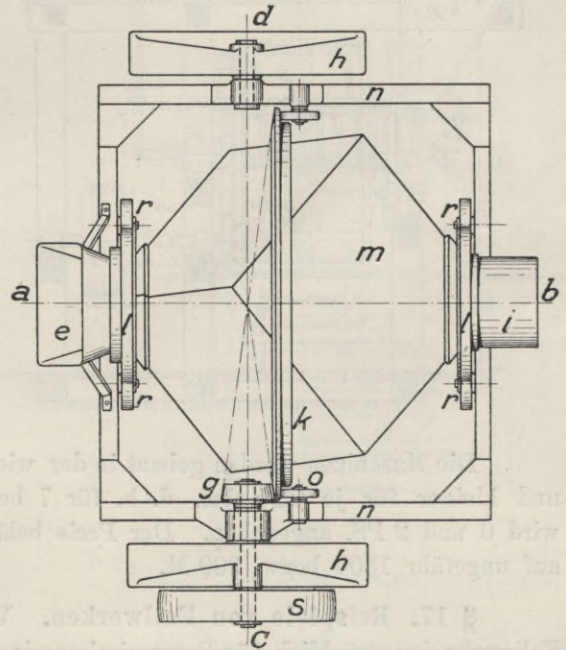
und einen Hohlraum in der Gusskappe wird das Wasser einem gelochten 1"-Rohr  $r$  zugeführt und durch dieses über das Mischgut verteilt. Zum Öffnen und Schließen der Klappe  $k$  beim Entleeren und Füllen muss der Mischer stillgestellt werden. Um dies schnell zu bewirken und die Füllöffnung genau unter den Fülltrichter  $t$  bringen zu können, ist in dem erwähnten Vorgelege eine Reibkupplung eingeschaltet.

Ein leichteres Füllen ermöglicht eine abgeänderte Bauart. Bei derselben fehlt die durchgehende Welle, und die linksseitige Kappe ist mit einer großen Öffnung versehen, durch welche ein Fülltrichter geht. Zur Stützung der Trommel dient alsdann auf der Füllseite ein mit der Kappe verbundener Laufring, der sich auf zwei kleine Rollen stützt, siehe auch Fig. 51, auf der Antriebsseite ein mit der Kappe vereinigt Lagerzapfen, auf dem auch das Antriebsrad sitzt.

Eine weitere Vervollkommnung zeigt die in Fig. 50 in Aufsicht wiedergegebene Ausführungsform, welche jetzt meist benutzt wird. Bei derselben ist es nicht mehr nötig, den Mischer zum Zweck des Öffnens und Schließens der Entleerungsklappe stillzusetzen. Diese Klappe fällt überhaupt ganz fort, und das Entleeren erfolgt dadurch,

dass man den Mischer um eine zu seiner Rotationsachse  $a-b$  senkrecht stehende Achse  $c-d$  dreht. Dabei fällt die Mischung durch eine gegenüber der Einfüllöffnung angeordnete Entleerungsöffnung und einen Auslaufzylinder  $i$ . Der Mischer ruht mittels zweier Laufringe  $l$  auf Stützrollen  $r$  und erhält seinen Antrieb durch einen großen Zahnkranz  $k$ , in welchen das von einer Riemenscheibe  $s$  angetriebene, kleine Kegelrad  $g$  eingreift. Die Stützrollen  $r$  sind an einem aus Walzeisen gebildeten Rahmen  $n$  angebracht, der mittels einfacher Hebel (nicht gezeichnet) um Zapfen in den Böcken  $h$  gedreht werden kann. Dadurch wird die oben erwähnte Kippbewegung zum Zweck des Entleerens erreicht. Während des Mischens steht der Rahmen  $n$  wagrecht und wird durch besondere Vorrichtungen in dieser Stellung festgehalten. Um bei dem Kippen eine Lagenänderung des Mischers gegenüber dem Rahmen zu verhüten, sind noch zwei kleine Stützrollen  $o$  angeordnet. Der Fülltrichter  $e$  ist mit dem Rahmen  $n$  fest verbunden und bewegt sich also bei der Entleerung mit.

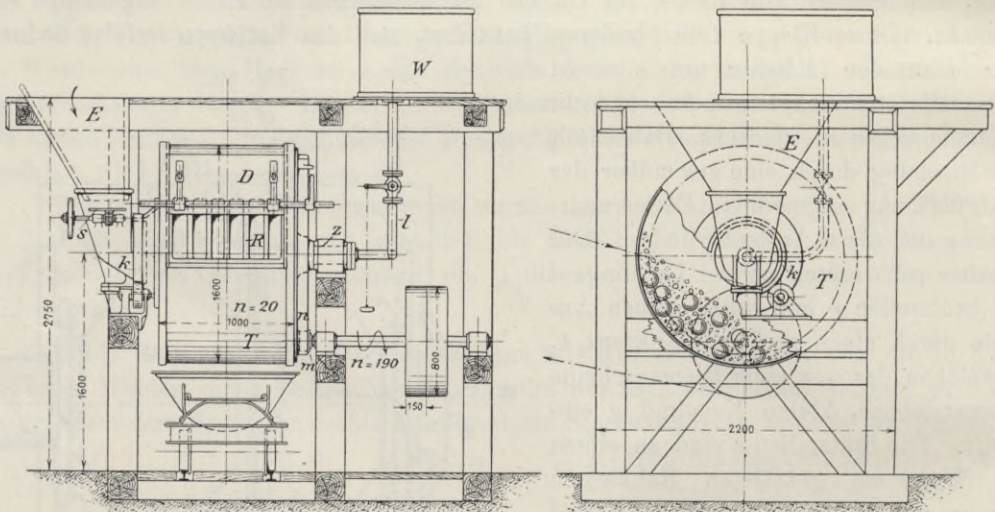
Fig. 50.



**§ 16. Beispiel für Kugelmischmaschinen.** Es soll in folgendem eine Ausführung der Maschinenfabrik Geislingen in Geislingen, Württemberg, beschrieben werden, welche in Fig. 51 u. 52 in Aufriss und Seitenansicht dargestellt ist. Die Mischtrommel  $T$  ist auf der einen Seite mit einem hohlen Zapfen  $z$  in einem Lager, auf der anderen Seite mittels eines Laufringes  $k$  auf zwei Laufrollen gelagert, wodurch eine leichte Zuführung des zu mischenden Materiales ermöglicht wird. Das für die Mischung nötige Wasser wird, nachdem zuerst trocken gemischt ist, durch den hohlen Zapfen  $z$  zu-

geführt. Die Drehung der Mischtrommel erfolgt durch einen Zahnkranz mit Innenverzahnung  $n$  und ein in diesen eingreifendes Zahnrad  $m$  auf der mit Los- und Fest-scheibe versehenen Vorgelegewelle. Die Umdrehzahlen sind aus der Figur ersichtlich. Im Innern der Trommel befinden sich 35 bis 40 Kugeln aus Hartguss oder gehärtetem Stahl von 110 oder 120 mm Durchmesser, deren günstige Wirkung auf die Mischung oben beschrieben wurde. Das Entleeren erfolgt durch einen Rost  $R$ , der während der Mischung durch einen Deckel  $D$  überdeckt wird. Bei den größeren Ausführungen ist eine Anordnung getroffen, dass der betreffende Deckel während des Umlaufes der Trommel geöffnet und geschlossen werden kann, siehe auch Fig. 36, während bei kleinen Ausführungen zu dem Ende die Trommel stillgesetzt werden muss. Während des Mischens und Entleerens wird das neu zu mischende Material in den Trichter  $E$  geschüttet und rutscht nach Wegziehen eines Schiebers  $s$  schnell in die Mischtrommel.

Fig. 51 u. 52.



Die Maschinen werden gebaut in der wiedergegebenen Größe für 0,75 cbm Füllung und kleiner für je 0,25 cbm, d. h. für 7 bzw. 2,5 cbm i. d. Std. Als Betriebskraft wird 6 und 2 PS. angegeben. Der Preis beläuft sich ohne Gerüst und Wasserbehälter auf ungefähr 1300 bzw. 900 M.

**§ 17. Beispiele von Fallwerken.** Wie schon in § 4 erwähnt wurde, werden Fallwerke hauptsächlich für Betonmischung in zwei Formen benutzt, als schräg stehende Fallrinnen, sogenannte „gravity mixers“, und als Mischer mit einer Anzahl übereinander angebrachter Falltrichter, erstere für kontinuierliches, die letzteren für absatzweises Mischen. Die Vorteile und Nachteile dieser in Amerika zuerst gebauten und besonders in Benutzung stehenden, aber auch in Deutschland verwendeten Mischwerke sind bereits in § 4 angeführt. In Fig. 53 u. 54 ist nun ein „gravity mixer“ der Contractors Plant Co., Boston, im Längsschnitt und Querschnitt wiedergegeben. Wie ersichtlich, ist der Hauptteil eine Rinne aus etwa 4 mm starkem Blech mit etwas gewölbtem Boden, einer Breite  $B$  von etwa 480 und einer Tiefe von etwa 280 mm. Gehalten wird diese Rinne durch ein durch die beiderseitigen Halteeisen  $h$  gestecktes Rundholz  $q$ , während die richtige Schräglage mittels einer Kette  $m$  eingestellt wird. Dieselbe wird so gewählt, dass das Material gerade Neigung zeigt, am Boden der Rinne liegen zu bleiben. An

den Seiten der Blechrinne sind eine Anzahl Bleche angeordnet, welche den Materialstrom so ablenken, dass er einen Zickzackweg beschreibt, wobei noch durch eine größere Zahl Bolzen *o* ein weiteres Zerteilen und Mischen bewirkt wird. Das zu mischende Material wird zuerst in Lagen bei *v* ausgebreitet und dann von 2 bis 4 Arbeitern zunächst gegen eine Prellplatte *t* geschaufelt, was schon eine gute Trockenmischung herbeiführt. Ein aus Stäben *i* in entsprechendem Abstände gebildeter Rost hält alle zu großen Steinstücke zurück. Dem dann in der Rinne wie angegeben weiter gemischten Material wird durch ein oder zwei gelochte Rohre *a* und *b* Wasser möglichst fein verteilt zugeführt, damit der Zement nicht von den Stein- und Sandteilchen abgespült wird. Das gemischte Material sammelt sich am unteren Ende der Rinne an und kann durch Öffnen einer Klappe *k* mittels des Handhebels *g* in Transportkarren abgelassen werden. Die Länge *L* der Rinne beträgt meist 2,5 und 3 m, doch werden auch noch kürzere Apparate verwendet und sollen noch Festigkeitswerte des Betons ergeben, welche die bei Handmischung mit je dreimaligem Umschaukeln in trockenem und nassem Zustand erzielte Festigkeit übersteigt. Wie schon in § 4 erwähnt wurde, ist die Leistung derartiger Mischapparate recht groß und beträgt hier so viel, als die Arbeiter einzuschaukeln vermögen, d. h. rund 30 bis 40 cbm i. d. Std.

Fig. 53.

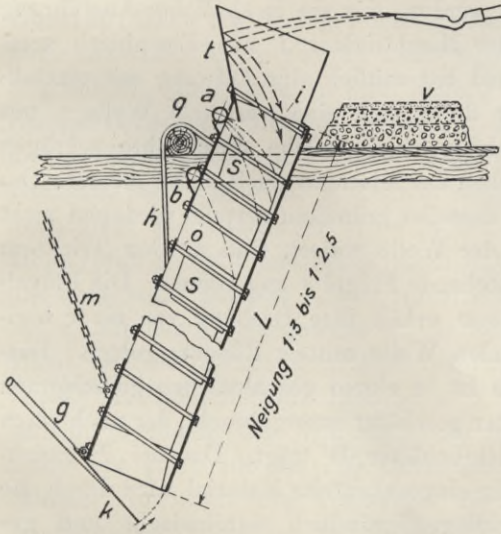


Fig. 55.

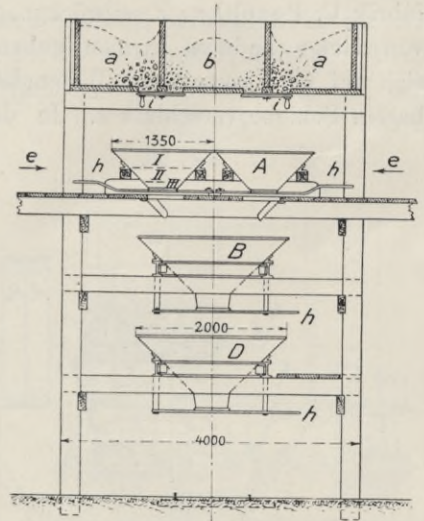
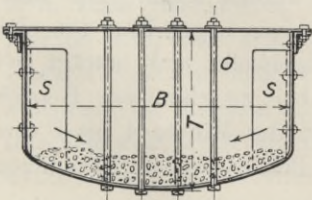


Fig. 54.

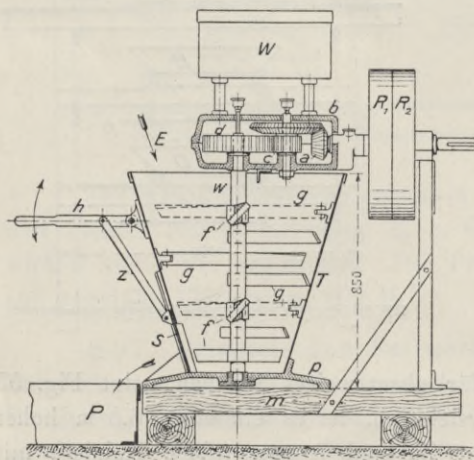


Ein Fallwerk für absatzweises Mischen zeigt Fig. 55 in Ansicht. Wie ersichtlich, ist es ein etwa 6,5 m hoher und nur in zerlegtem Zustand transportabler Holzbau mit eingebauten Mischtrichtern. Im obersten Teile sind Vorratsbehälter für Sand *b* und für Steinschlag *a*, welche mit Hilfe von Becherwerken oder Mastenkränen beschickt werden. Durch entsprechende Stellung von Schiebern *i* wird der Sand *II* und Steinschlag *I* abwechselnd in den linken oder rechten Messtrichter *A* von 0,6 bis 2 cbm Inhalt abgelassen, nachdem in dieselben vorher der Zement *III* eingefüllt worden war. Die einzufüllenden Mengen werden durch entsprechende Marken in den Trichtern festgelegt. Der Zement wird auf einer etwa 4,3 m über den Schienen liegenden Bühne

in Richtung  $e$  herangeschafft. Zuletzt wird Wasser zugegeben. Dieses nässt die Steine und den Sand, während der Zement nur sehr langsam Wasser annimmt. Darauf wird der Bodenteil mit Hilfe eines Hebels  $h$  zur Seite geschoben. Die Masse fällt dann in einen zweiten Trichter  $B$ , wobei eine entsprechende Mischung eintritt. Nachdem auch der Bodenverschluss dieses Trichters geöffnet ist, fällt die Masse unter abermaligem Mischen in den dritten Trichter  $D$  und kann aus diesem in Transportwagen abgelassen werden. Aus dem beschriebenen Arbeitsvorgang ergibt sich, dass ein Trockenmischen, das in allen anderen Mischapparaten angestrebt wird, hier nicht stattfindet. Eine gute, gleichmäßige Verteilung des Zementes ist daher kaum zu erwarten. Wo daher höhere Anforderungen an die Festigkeit des Betons gestellt werden, sollte der beschriebene Mischapparat nicht verwendet werden. Sein Hauptvorteil liegt, wie bei dem oben beschriebenen Fallwerk, in seiner enormen Leistungsfähigkeit. Es können nämlich in der Stunde etwa 40 Einzelmischungen erzielt werden, d. h. bei dem oben angegebenen Inhalt der Messtrichter bis 80 cbm i. d. Std. Die Anwendung des Mixers wird sich daher auch hauptsächlich auf umfangreiche Fundierungen, Hafenbauten u. dergl. beschränken, er empfiehlt sich aber nicht bei kleineren Betonarbeiten.

**§ 18. Beispiele von Maschinen mit zwangsweiser Mischung.** Es soll zunächst an Hand der Fig. 56 eine kleinere Trichtermörtelmaschine der Maschinenfabrik C. Peschke, Zweibrücken, beschrieben werden, wie sie in ähnlicher Ausführung von vielen anderen Firmen gebaut wird. Der Mischtrichter  $T$  aus Eisenblech setzt sich auf eine gusseiserne Bodenplatte  $p$  auf und hat seitlich eine Öffnung mit einstellbarem Schieberverschluss  $s$ . In dem Trichter dreht sich eine vertikale Welle  $w$  mit

Fig. 56.



Mischflügeln  $f$ , welche durch ihre schrägen Flächen das Mischgut nach unten pressen. Damit dasselbe gründlich zerteilt wird und nicht mit der Welle rotiert, sind an den Trichtern feststehende Flügel  $g$  angeordnet. Die Flügelwelle  $w$  erhält ihre Drehung von einer horizontalen Welle mittels Radvorgelege. Dasselbe ist in einem geschlossenen gusseisernen Kasten geschützt untergebracht, der noch einen Wasserbehälter  $W$  trägt. Das bei  $E$  gleichmäßig eingeschaufelte Material wird durch die Mischflügel gründlich durchmischt und geknetet und tritt unter dem erwähnten Schieber aus, durch dessen Einstellung die Dauer der Mischung geregelt werden kann. Die Leistung der Maschine ist, abgesehen von der

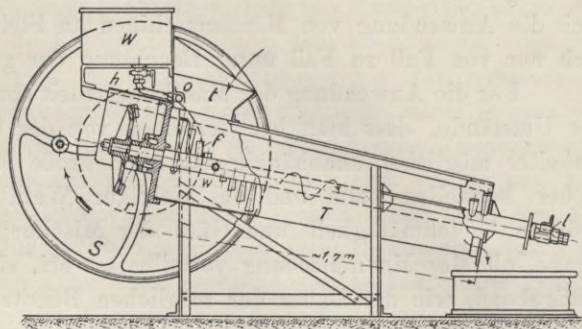
Schiebereinstellung, abhängig von der Umdrehzahl der Flügelwelle und beträgt bei 1 bis 2 Mann an der Kurbel 1,5 bis 2 cbm in der Stunde, bei maschinellem Betrieb und einer Umdrehzahl der Riemenscheiben von 120 bis 150 in der Minute 4 bis 6 cbm in der Stunde. Der Kraftbedarf ist alsdann etwa 2 PS. Der Preis derartiger Maschinen beträgt ungefähr 200 bis 300 M.

Trogmörtelmaschine von Gauhe & Co., Oberlahnstein. Dieselbe ist wie die vorgehend beschriebene Maschine für stetigen Durchgang des Mischgutes gebaut. In dem schräggestellten Mischtrög  $T$ , siehe Fig. 57, aus Eisenblech dreht sich eine doppelt



gelagerte kräftige Welle  $w$  mit einer großen Zahl in einer Schraubenlinie angeordneten Mischarmen  $f$ . Der Antrieb erfolgt mittels Kegelrädern von einer Querwelle aus, die von Hand oder maschinell angetrieben wird. Die Umdrehzahl der Flügelwelle soll bei Handantrieb rund 40, bei maschinelltem Antrieb etwa 80 in der Minute betragen. Das zu mischende Material wird durch 2 bis 3 Mann in den Trichter  $t$  eingeschaufelt. Die Wasserzuführung erfolgt durch ein gelochtes Rohr  $o$  von dem Wassergefäß  $W$  aus und wird durch Einstellung eines Hahnes  $h$  geregelt. Die mit der Maschine zu erzielende Leistung ist bei Handbetrieb 1,5 bis 2, bei maschinelltem Antrieb 4

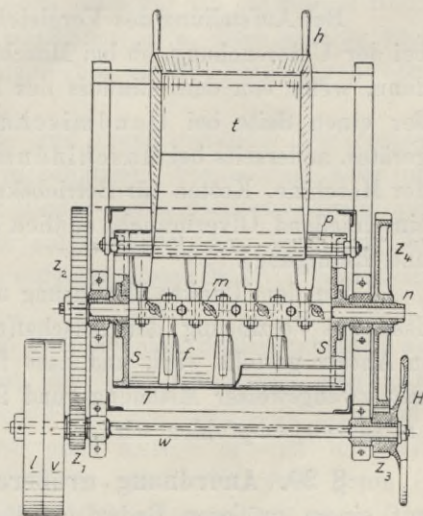
Fig. 57.



bis 6 cbm, d. h. ebenso groß wie bei der beschriebenen Trichtermörtelmaschine. Auch der Kraftbedarf ist ungefähr derselbe. Der Preis beträgt je nach Ausrüstung ungefähr 250 bis 400 M.

Als Beispiel einer Maschine mit zwangsweiser Mischung und absatzweisem Betrieb diene die in Fig. 58 im Grundriss dargestellte kleine Mischmaschine mit sogenanntem Kipptrog  $T$ ; siehe auch Fig. 17 u. 18. Wie ersichtlich, ist der Mischtrog mittels Hohlzapfen in zwei Lagern drehbar gelagert und kann durch das auf dem

Fig. 58.



rechten Hohlzapfen sitzende Zahnrad  $z_4$  und das in dieses eingreifende, mit einem Handrad  $H$  verbundene, kleine Zahnrad  $z_3$  gedreht werden; siehe auch § 12. Die Mischwelle  $m$  ist in den erwähnten Hohlzapfen gelagert und erhält ihren Antrieb durch das aufgekeilte Zahnrad  $z_2$  von einem kleinen Zahnrad  $z_1$  auf der Vorgelegewelle  $w$ , die ihrerseits von Hand mit aufgesetztem, großem Schwungrad oder mittels Riemenscheiben, Losscheibe  $l$  und Festscheibe  $v$ , angetrieben wird und zwar in letzterem Falle mit rund 100 bis 120 Umdrehungen in der Minute. Innerhalb des Troges ist die Mischwelle vierkantig und trägt vier Reihen Mischflügel  $f$ . Diese sind so angeordnet, dass ihre Vorderfläche in je zwei benachbarten Reihen nach verschiedenen Seiten, d. h. links oder rechts, verdreht sind. Als Folge hiervon wird das Mischgut abwechselnd von der einen Flügelreihe nach rechts und von der folgenden nach links geschoben, welcher Umstand das Mischen sehr fördert. Während des Mischprozesses wird das zunächst zu mischende Material in einen Vorfüllkasten  $t$  eingefüllt und nach Entleerung des Troges durch Heben des Vorfüllkastens mittels Handhaben  $h$  dem Mischtrog zugeführt. Die Menge einer Charge beträgt bei einer Troglänge von 800 mm und einem Durchmesser von 600 mm etwa 100 l. Bei größeren Maschinen wird der Vorfüllkasten mit Hebevorrichtungen ausgestattet; siehe Fig. 32. Das zur Mischung nötige Wasser wird von einem über dem Mischtrog befindlichen (nicht gezeichneten) Wasserkasten, siehe auch

Fig. 32, durch ein gelochtes Rohr über die ganze Breite des Troges gleichmäßig verteilt. Als Mischdauer für eine Charge genügt meist bei maschinellem Antrieb 1 bis 2 Minuten, bei Handbetrieb die doppelte Zeit.

**§ 19. Hand- oder Maschinenmischung?** Die Entscheidung der Frage, ob sich die Anwendung von Mischmaschinen an Stelle der Handmischung empfiehlt, lässt sich nur von Fall zu Fall unter Beachtung der ganzen Verhältnisse fällen.

Für die Anwendung der Maschinenarbeit sprechen, wie schon in § 1 betont wurde, die Umstände, dass man bei derselben von der Geschicklichkeit und dem Willen der Arbeiter möglichst unabhängig ist, auch große Mengen Mörtel und Beton schnell und sicher herstellen kann und bei richtiger Wahl der Mischmaschinen eine bedeutend größere Gleichmäßigkeit und Güte der Mischung erzielt. Bei der Entscheidung der Frage, ob Maschinenmischung vorteilhafter sei, sind auch vielfach noch andere Punkte maßgebend, wie die Dauer der möglichen Benutzung der Maschinen im Jahr, die Notwendigkeit der Beschäftigung von Arbeitern, Verwendung vorhandener Maschinen, die Örtlichkeit des Bauplatzes und Gestaltung des Bauwerkes, Beschaffung der Betriebskraft u. dergl. Sieht man aber von allen diesen Punkten ab, so sind dann in erster Linie die Kosten der Mischung entscheidend, bei deren Bestimmung auch die Kosten des Transportes der Rohmaterialien und der fertigen Mischungen zu beachten sind. Bei Anwendung von Maschinen muss nämlich das Rohmaterial oft mehrere Meter hoch gehoben werden und außerdem werden die Horizontalförderwege öfter bedeutend länger, da die Maschinen einen festen Standpunkt erhalten müssen oder doch jedenfalls eine Änderung ihrer Aufstellung nicht so leicht erfolgen kann wie die Verlegung der Mischstelle bei Handmischung.

Bei Aufstellung des Vergleiches der Kosten bei Hand- und Maschinenmischung und bei der Untersuchung, ob bei Maschinenmischung eine Kostenersparnis eintritt, haben wir dann, wenn von dem Einfluss des horizontalen Materialtransportes abgesehen wird, auf der einen Seite bei Handmischung als Kosten: Arbeitslohn und Kosten des Handgerätes, andererseits bei Maschinenmischung: Arbeitslohn, Verzinsung und Abschreibung der Maschine, Kosten für Betriebskraft zum Mischen und Materialheben an der Maschine einschließlich Ölverbrauch, endlich Kosten für Instandhaltung der Maschine (Reparatur und Reinigung).

Zu dem Punkte Verzinsung und Abschreibung der Mischmaschine ist zu bemerken, dass die Verzinsung der Anschaffungskosten für Mischmaschinen gewöhnlich mit 5% in Ansatz gestellt wird, und dass für Instandhaltung und Abschreibung bei Maschinen mit zwangsweiser Mischung rund 25% und bei Maschinen mit Freifallmischung 15% anzusetzen empfohlen wird.

**§ 20. Anordnung größerer Mischanlagen.** Bei umfangreichen Bauarbeiten mit einem größeren Bedarf an Beton lohnt es sich meist, an Stelle des Transportes mit einfachen Schiebkarren besondere mechanische Transportanlagen für das Rohmaterial und den fertigen Beton anzulegen. Es kommen dabei in Betracht: Becherwerke, Transportbänder, Seilbahnen und Wagen auf Gleisen mit Zugpferden oder mechanischem Antrieb. Becherwerke und Förderbänder kommen nur bei kurzen Transportwegen in Frage, Seilbahnen dann, wenn Gleisanlagen schlecht ausführbar sind, wie es bei Pfeilergründungen für Brücken, Hafenbauten, Schleusen- und Dammbauten öfter der Fall ist. Um ein größeres Arbeitsfeld mit den Seilbahnen bedienen zu können, werden die Gerüste, zwischen denen das Laufseil ausgespannt ist, fahrbar gemacht; siehe auch Fig. 59.

In vielen Fällen ist es auch zweckmäßig, die Mischeranlage selbst fahrbar zu machen, siehe auch Fig. 65, oder auf einem Schiff bzw. Eisenbahnwagen unterzubringen.

Kommen Gleisanlagen zur Anwendung, so sollte die größte Steigung bei Zugpferden 2%, bei Dampf-Lokomotivbetrieb 4 bis 5% und bei elektrischem Betrieb 10% im allgemeinen nicht überschreiten. Nach Möglichkeit ist auch die Gleisanlage so zu entwerfen, dass die Wagen stets in einer Richtung fahren, d. h. sich im Kreislauf bewegen.

Die Größe der Transportwagen ist entsprechend der Art der Arbeiten zu wählen. Für Arbeiten mit durch Eisen verstärktem Beton genügen meist Wagen mit  $\frac{1}{2}$  cbm Inhalt und einer Spurweite von 0,5 bis 0,6 m, für schwere Dammarbeiten und umfangreiche Gründungen kommen Wagen mit 1 bis 1,5 cbm Inhalt zur Verwendung, ausnahmsweise auch noch größere Wagen. Die Wagen sollen möglichst einfach gebaut, leicht zu reinigen sein und keine beweglichen Teile in einer solchen Lage haben, dass sich Beton daran festsetzen kann. Sie werden nach beiden Seiten kippar als sogenannte Muldenkipperwagen oder als Vorderkipper ausgeführt, die größten wohl auch als Wagen mit Seitenentladung, sogenannte Eselsrückenwagen; siehe Fig. 61 u. 62. Als Lebensdauer der Wagen kann im Mittel 5 Jahre angesetzt werden bzw. eine Abschreibung von etwa 20%. Für Ausbesserungen und Erneuerungen kann man etwa 10% in Ansatz bringen.

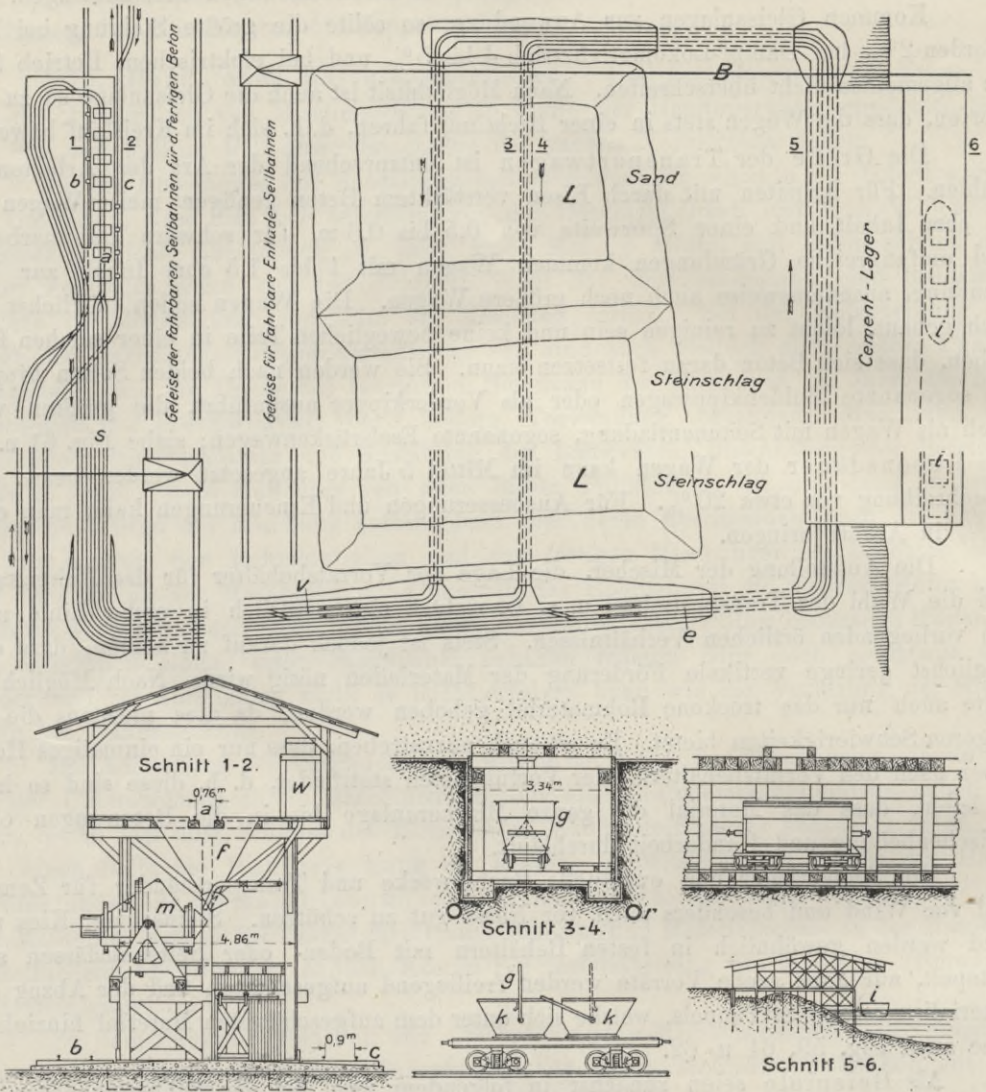
Die Aufstellung der Mischer, die Lage der Vorratsbehälter für das Rohmaterial und die Wahl der Transportmittel u. s. w. richtet sich natürlich in erster Linie nach den vorliegenden örtlichen Verhältnissen. Stets ist jedoch darauf zu achten, dass eine möglichst geringe vertikale Förderung der Materialien nötig wird. Nach Möglichkeit sollte auch nur das trockene Rohmaterial gehoben werden, da dies meistens die geringeren Schwierigkeiten bietet. Es ist auch anzustreben, dass nur ein einmaliges Hochheben nach den Vorratsbehältern oder Vorfüllkästen stattfindet, d. h. diese sind so hoch zu legen, dass das Material die ganze Mischeranlage bis in die Betonwagen ohne Zwischenhebung und Handarbeit durchläuft.

Die Zementlager und eventuelle Becherwerke und Transportbänder für Zement sind vor Wind und besonders auch vor Nässe gut zu schützen. Steinschlag, Kies und Sand werden gewöhnlich in festen Behältern mit Boden- oder Seitenauslässen aufgestapelt, nur ganz große Vorräte werden freiliegend aufgeschüttet, und der Abzug der Materialien erfolgt in Tunnels, welche sich unter dem aufgeschütteten Material hinziehen; siehe auch Fig. 59, 61 u. 62.

Als Beispiele seien zunächst in folgendem zwei bei den Schleusenbauten am Panama-Kanal benutzte Mischeranlagen wiedergegeben, die durch ihre Größe, geschickte Anordnung und weitgehende Verwendung mechanischer Förderung Beachtung verdienen; siehe auch Engineering Record 1909 II. S. 60. Die eine Anlage arbeitet mit feststehenden Mischern und hat eine Leistungsfähigkeit von rund 5000 cbm Beton in 10 Stunden, die andere Anlage für 1200 cbm Beton in 10 Stunden ist mit einer fahrbaren Mischeranlage ausgerüstet. Von ersterer ist zunächst in Fig. 59 ein schematischer Grundriss gezeichnet, während die Fig. 60 bis 64 einige Einzelheiten darstellen.

Die Rohmaterialien werden der Anlage auf dem Wasserwege zugeführt. Steinschlag und Sand werden mit Greifern und Seilbahnen *B* auf große Stapelplätze *L* entladen, während der Zement mit einfacheren Hebezeugen in ein großes Lagerhaus, siehe auch Fig. 64, gebracht wird. Unter den Lagern sind nun Tunnels durchgeführt, siehe auch Fig. 61 u. 62, durch welche die von elektrischen Lokomotiven gezogenen Transportwagen *g* für das Rohmaterial fahren, wobei ihnen durch einfache Schieberauslässe

Fig. 59 bis 64.

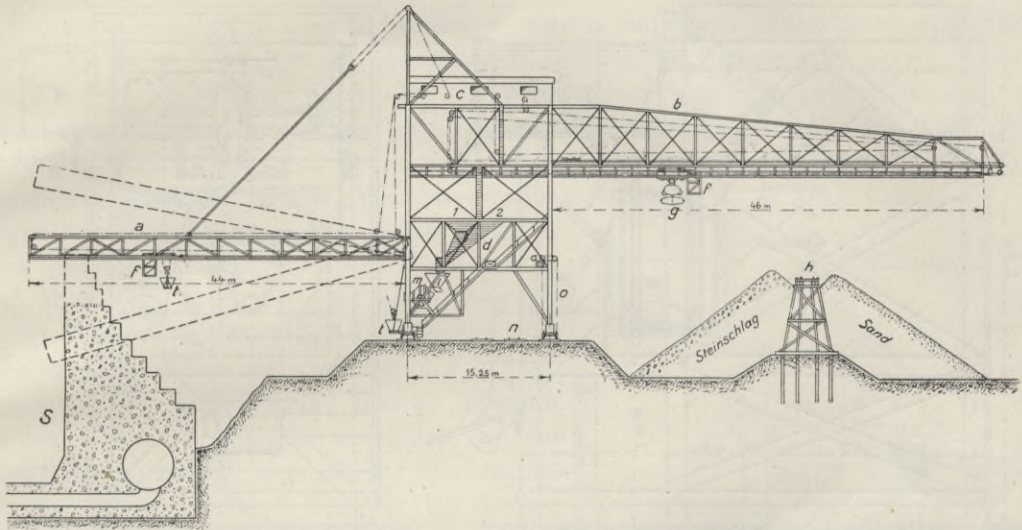


in der Decke der betreffenden Tunnels die Materialien zugeführt werden. Zunächst fahren die leeren Wagen unter das Zementlager (Gleis e), wo sie vorher genau abgemessene Mengen Zement erhalten, dann weiter unter das Sandlager und zuletzt unter das Steinschlaglager. Die gefüllten Wagen laufen dann auf den Gleisen v und zuletzt auf einer Strecke s mit starker Steigung in das Mischerhaus. Zwecks leichter Entleerung in die Vorfüllbehälter f sind die Wagen als Seitenentlader ausgeführt bei einer Fassung von etwa 3 cbm. Eine Querscheidewand teilt die Wagen in zwei Teile, wovon der eine für den Zement und Steinschlag, der andere zur Aufnahme des Sandes bestimmt ist. Durch diese Anordnung wird die richtige Bemessung der Sand- und Steinschlagmenge sehr erleichtert; siehe auch § 8.

Die Mischeranlage umfasst 8 Würfelmischer m mit einer Fassung von rund 1,8 cbm. Vier Mischer entleeren nach der einen Seite in Wagen auf dem Gleise b, die anderen

nach der entgegengesetzten Seite in Wagen auf dem Gleise *c*. Das Rohmaterial wird aus den Vorfüllbehältern *f*, das Wasser aus dem selbsttätigen Messapparat *w* zugeführt. Wenn die Mischung fertig ist, gibt ein Lichtsignal mit der Nummer des betreffenden Mixers dies der Bedienung der Transportwagen zu erkennen. Auf den Transportwagen stehen je zwei Kübel *k*, siehe Fig. 63, die zuletzt an fahrbaren Seilbahnen an die Verwendungsstelle des Betons befördert werden.

Fig. 65.

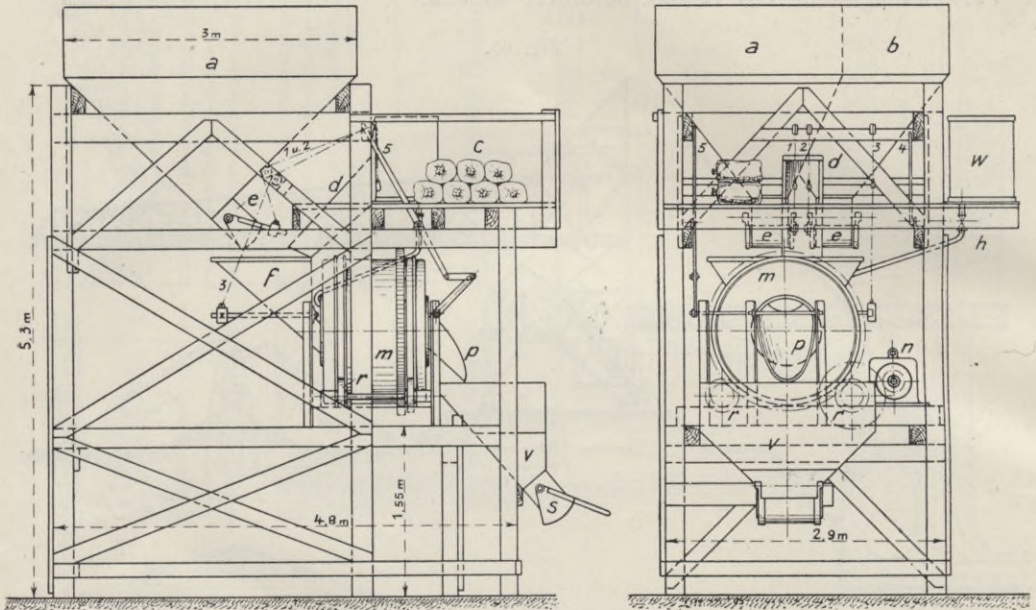


Die in Fig. 65 wiedergegebene Anlage dient wie die bereits beschriebene zum Bau von großen Schleusen. Sie besteht aus einem Turm in Eisenkonstruktion mit einem festen Ausleger *b* von 46 m Länge für die Förderung der Rohmaterialien und einem beweglichen Ausleger *a* von 44 m Länge für den Transport des fertigen Betons. Letzterer Ausleger ist aus der Horizontallage um  $10^\circ$  nach oben und  $15^\circ$  nach unten zu heben (siehe punktierte Lagen) und kann außerdem um rund  $26^\circ$  nach jeder Seite geschwenkt werden. Die ganze Anlage ist auf zwei der Schleuse parallel liegenden Gleisen von 1,5 m Spurweite und 15,25 m Abstand fahrbar und ruht zu dem Ende auf 64 Rädern bzw. 32 Achsen. Der obere Teil *c* des Turmes dient zur Aufnahme von Motoren und Winden, in dem mit *d* bezeichneten Teil ist ein Zementzwischenlager und außerdem ein kleiner Vorratsbehälter 1 von rund 12 cbm Fassung für Sand und ein gleich großer 2 für Steinschlag. Aus diesen wird das Rohmaterial in zwei Vorfüllbehälter *i* abgelassen, in welche schon vorher eine abgemessene Menge Zement eingeschüttet wurde. Die zwei nebeneinander aufgestellten Mixer *m* haben eine Fassung von rund 1,5 cbm und können je 60 cbm Beton i. d. Std. liefern, der direkt in Transportkübel *t* entleert wird. Zur Anfuhr von Sand und Kleinschlag dient eine Hochbahn *h*, von der aus das Material in die gezeichneten Lager abgestürzt wird. Ein an dem festen Ausleger laufender Greifer *g* entnimmt diesen Lagern das Material und schafft es in die erwähnten Vorratsaschen 1 und 2. Die Zufuhr von Zement erfolgt auf den Gleisen *n* innerhalb der Krangleise. Ein Elevator *o* hebt die Zementsäcke nach dem Zwischenlager *d*.

Bei ähnlichen Anlagen, wo jedoch wegen des unsicheren Bodens die Mischanlage nicht in der Nähe der Baustelle stehen konnte, fehlt der bewegliche Ausleger *a* und an seiner Stelle ist ein ebenfalls fester Ausleger mit Greifer angeordnet. Eine zweite

Hochbahn liefert für diesen das Rohmaterial. Der fertige Beton wird in Transportwagen entleert, die zur Arbeitsstelle gefahren werden. Die Beweglichkeit der ganzen Anlage hat dann nur den Zweck, das Rohmaterial an allen Stellen der aufgeschütteten Lager entnehmen zu können.

Fig. 66 u. 67.



Eine kleine Mischanlage in einfacher Holzkonstruktion für etwa 120 cbm Beton in 10 Stunden ist in Fig. 66 u. 67 in Seiten- und Vorderansicht dargestellt. Stein- schlag, bezw. Kies und Sand werden mittels geeigneter Hebezeuge, oder, wenn die Terrainverhältnisse es zulassen, auf einer schrägen Ebene in Vorratsbehälter *a* und *b* geschafft. Zement wird auf einer Arbeitsbühne bei *c* gelagert. Durch Ziehen an den Ketten 1 und 2 öffnet der Arbeiter die Ausläufe *e* der betreffenden Behälter *a* und *b* und lässt entsprechende Mengen in den Vorfüllkasten *f* ab, in den auch durch eine Lutte *d* eine abgemessene Zementmenge eingeschüttet wird. Das Entleeren des Vorfüllbehälters in den Mischer *m* erfolgt durch Nachlassen der Kette 3, wodurch eine Klappe des Vorfüllbehälters sich nach dem Mischer hin öffnet. Die Wasserzugabe geschieht von einem Messbehälter *w* aus durch Hahn *h* und Handhebel 4. Der Mischer (gezeichnet ist ein Trommelmischer, Bauart Ransome, siehe auch Fig. 37) erhält seinen Antrieb von einem Elektromotor *n* oder einem Explosionsmotor bezw. einer Lokomobile. Zur Entleerung wird bei der betreffenden Bauart ein Blech *p* mittels des Hebels 5 in entsprechende Stellung gebracht; siehe auch Fig. 37. Der Beton fällt dann zunächst in einen Vorratsbehälter *v*, aus dem er in Wagen oder Karren durch Heben einer Drehklappe *s* abgelassen wird.

§ 21. Hilfsmaschinen. a) Waschmaschinen für Sand und Kies. Unreiner Sand und Kies kann die Wirkung der besten Bindemittel erheblich vermindern und hat dies seinen Grund darin, dass die Unreinigkeiten, wie Schlamm, Staub und vor allem tonige Bestandteile und organische Substanzen das unmittelbare Anlagern des Bindemittels an die Kies- oder Sandteilchen verhindert. Falls daher nicht reiner Flufs-

sand und Kies zur Verfügung steht, ist bei allen wichtigeren Arbeiten eine Reinigung lohnend.

Das Prinzip der Reinigung besteht darin, dass jene Fremdkörper, da sie leichter als Sand und Kies sind, durch einen Wasserstrom fortgespült werden. Die zu reinigenden Massen müssen gleichzeitig bewegt werden, damit die Verunreinigungen abgescheuert und vom Wasserstrom gefasst werden. Besonderen Schwierigkeiten begegnet man hierbei meist bei Verunreinigung durch organische Substanzen, da dieselben schwer abzuschleuern sind.

Ist ausreichend Wasser vorhanden, so wird in einfachster Weise der zu reinigende Sand oder Kies in flachen Becken unter fortwährendem Zufluss von reinem Wasser mit Krücken umgerührt. Muss aber an Waschwasser möglichst gespart werden, so sind besondere Waschmaschinen anzuwenden. Dieselben sind fast durchweg für fortlaufendes Arbeiten und nach dem Grundsatz des „Gegenstromes“ gebaut, d. h. das zu

waschende Material und das Waschwasser bewegen sich in entgegengesetzten Richtungen. Es wird dadurch erreicht, dass das Waschgut in dem Maße, wie es reiner wird, von immer reinerem Wasser umspült wird. Vor Beschreibung derartiger Maschinen soll zunächst eine Waschmaschine für absatzweisen Betrieb erläutert werden. Wie aus Fig. 68 ersichtlich, ist der Hauptteil ein geneigt angeordneter Waschzylinder mit verschiebbarem Boden, der bei der gezeichneten Größe mit etwa 70 bis 100 l zu waschendem Material beschickt wird. Die am unteren Ende desselben angebrachten zahlreichen Öffnungen sind mit fein gelochten Blechen über-

deckt. Das zu waschende Material scheuert sich bei Drehung des Zylinders rein und wird durch Zurückschieben des Bodens *b* auf eine Rutsche *r* entleert. Für Abführung des durch die gelochten Bleche am Zylinder abfließenden Schmutzwassers wird die betreffende Rutsche in Stellung *II* gebracht. Derartige absatzweise arbeitende Maschinen haben den Vorteil, dass die

Dauer des Waschens dem Grad der Verunreinigung leicht angepasst werden kann. Außerdem ist die Abnutzung und der Kraftbedarf (ungefähr  $1\frac{1}{2}$  PS.) gering. Hinsichtlich der Ausnutzung des Wassers werden sie aber übertroffen durch die nach dem Prinzip des Gegenstromes arbeitenden Maschinen. Eine Bauart derartiger Maschinen zeigt Fig. 69. In einem geneigt angeordneten, unten kreisförmigen Troge bewegt eine Schnecke das bei *A* eingeworfene, zu reinigende Material nach der Auswurfstelle *B*. Das Wasser fließt in umgekehrter Richtung. Nachteilig ist die starke Abnutzung durch zwischen Schneckenblech und Trog sich festsetzende Sandteilchen. Vermieden wird dieselbe dadurch, dass man das Trogblech mit umlaufen lässt, d. h. einen Zylinder nimmt, an dessen Innenseite

Fig. 68.

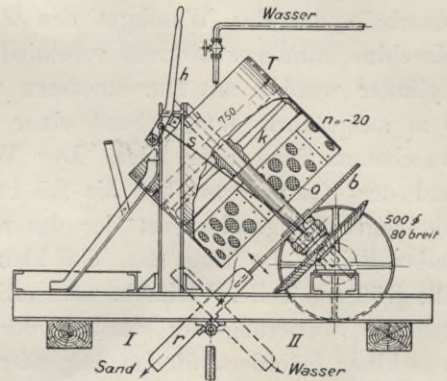
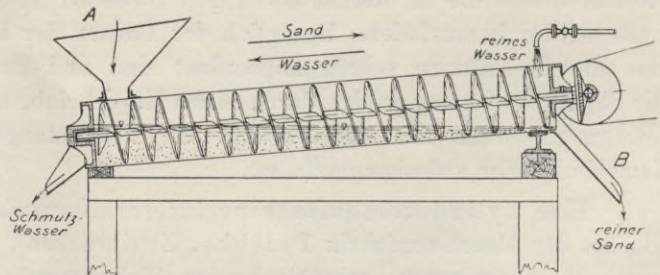
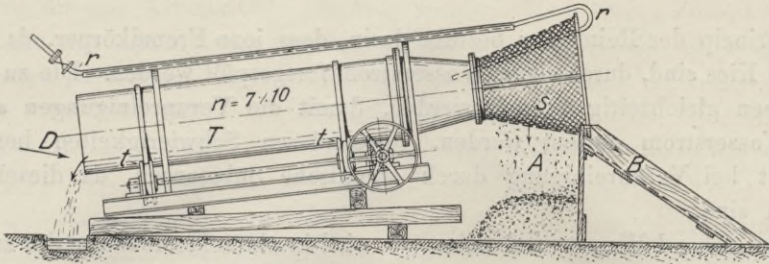


Fig. 69.



arbeitenden Maschinen. Eine Bauart derartiger Maschinen zeigt Fig. 69. In einem geneigt angeordneten, unten kreisförmigen Troge bewegt eine Schnecke das bei *A* eingeworfene, zu reinigende Material nach der Auswurfstelle *B*. Das Wasser fließt in umgekehrter Richtung. Nachteilig ist die starke Abnutzung durch zwischen Schneckenblech und Trog sich festsetzende Sandteilchen. Vermieden wird dieselbe dadurch, dass man das Trogblech mit umlaufen lässt, d. h. einen Zylinder nimmt, an dessen Innenseite

Fig. 70.



Blechstreifen in Schraubenwindungen angesetzt sind; siehe Fig. 70. Das am unteren Ende bei *D* eingeschaufelte Material wird durch die erwähnte Blechschnecke nach dem oberen Ende gewälzt, während das durch das Rohr *r* zugeführte Wasser wieder entgegengesetzt läuft. Der Waschzylinder läuft auf vier Stützrollen *t*, welche von einer Querwelle aus angetrieben werden und erhält von diesen seine Drehung. Die Zeit, innerhalb der das Waschgut den Zylinder durchläuft und damit die Leistung der Maschine kann etwas durch verschiedene Neigung der Maschine geändert werden. Die Zylinder werden mit Durchmessern von 600 bis 1000 mm bei einer Länge von rund 3 m ausgeführt, entsprechend einer stündlichen Leistung von 1,5 bis 4 cbm an gewaschenem Sand oder Kies. Der Wasserverbrauch ist rund 1,2 cbm für 1 cbm Kies und der Kraftverbrauch 1 bis 2,5 PS. Meist wird an den Waschzylinder noch ein Siebkegel *s* angeschlossen, der das reine Material in zwei Klassen sortiert, und zwar fallen bei *A* alle Teile aus, die kleiner als die Maschenweite des Siebes sind, bei *B* alle größeren Teile. Vielfach, namentlich in Zementwarenfabriken, wird noch eine weitergehende Sortierung des Sandes oder Kieses verlangt, welche dann besondere Sortiermaschinen erfordert, die im folgenden beschrieben werden sollen.

b) Sortiermaschinen. Die in Frage kommenden Maschinen, welche das zeitraubende und damit kostspielige Sortieren durch Wurfsiebe ersetzen, arbeiten fast durchweg mit umlaufenden, zylindrischen Sieben. Dieselben haben den Nachteil, dass immer nur ein Teil der Siebfläche benutzt wird, und zwar der untere, auf dem das Siebgut rollt. Ebene Siebflächen sind hingegen voll auszunutzen und können daher für eine bestimmte Leistung bedeutend kleiner sein. Sie setzen sich aber leicht zu, während bei Trommelsieben die in den Sieböffnungen sitzenden Teilchen beim Umlauf der Trommel meist wieder herausfallen. Bezüglich der Bauart der Flachsiebmaschinen sei bemerkt, dass die Siebrahmen schräg angeordnet sind und an Pendeln oder Federn hängen. Die Schüttelbewegung erfolgt durch einen Kurbeltrieb, und zur Verbesserung der Rüttelbewegung werden am Angriffspunkt der Pleuelstangen meistens noch Federn oder Kautschukpuffer zwischengeschaltet.

Eine Zylindersiebmaschine für drei Korngrößen ist in Fig. 71 wiedergegeben (Bauart der Maschinenfabrik Peschke, Zweibrücken). Dieselbe besteht aus zwei konzentrisch angeordneten, schräg stehenden Siebtrommeln, deren Antrieb und Lagerung auf zwei Rollen *l* und in einem Lager *m* aus der Figur ersichtlich ist. Das zu sichtende Material wird auf eine Rutsche *E* geschaufelt und zunächst durch das innere Sieb in zwei Klassen sortiert. Die Teile, welche größer sind als die Lochweite des betreffenden Siebes, fallen bei *a* aus, während die Teile, welche kleiner als die betreffende Lochweite sind, in das äußere Sieb fallen, um hier nochmals in zwei weitere Klassen geschieden zu werden. Die größeren Stücke gehen bei *b* auf eine Rutsche *p*, während



das feinere Material durch das Sieb bei *c* ausfällt. Durch Hinzufügung einer dritten Siebtrommel wäre in gleicher Weise eine Sortierung in vier Klassen ermöglicht.

Anstatt die Siebe konzentrisch ineinander zu stecken, kann man sie auch nebeneinander anordnen und kommt dadurch zu der Bauart, die Fig. 72 zeigt. Die Maschinen bauen sich einfacher auf und sind zugänglicher, andererseits wird ihre Länge und damit der Raumbedarf bedeutend größer. Die Sortierung erfolgt so, dass zunächst das feinste Material durch das erste Sieb *I* ausfällt, im zweiten und im dritten Siebe *II* und *III* die nächst größeren Teile. Die größten Materialteile endlich fallen am linken Trommelende bei *IV* aus. Unter den einzelnen Trommelmänteln sind vielfach, wie in der Figur gezeichnet, kleine Vorrats-taschen, aus denen das gesiebte Material in Transportwagen abgelassen werden kann.

Maschinen dieser Bauart werden namentlich auch benutzt, um den von Steinbrechern kommenden Stein-schlag für Beton u. s. w. zu sortieren; siehe Kap. XV, § 27.

Fig. 71.

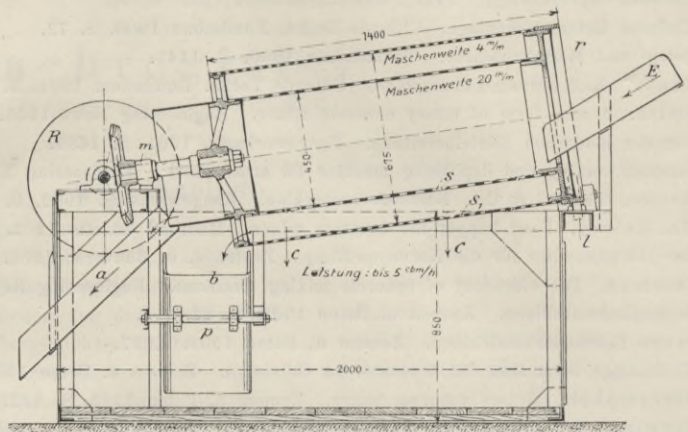
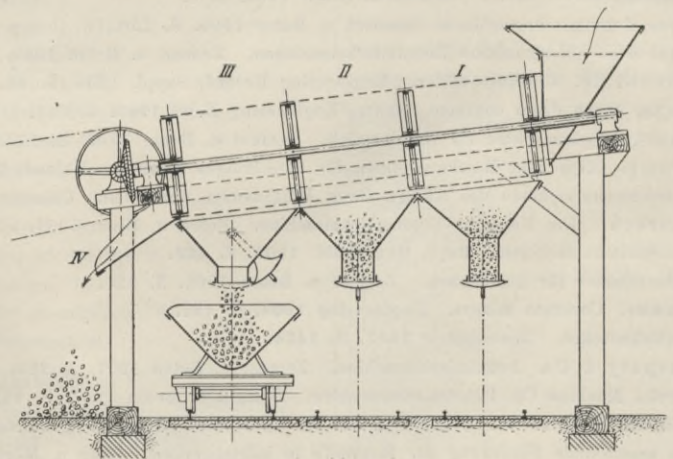


Fig. 72.



## Litteratur

### über Maschinen für Mörtel- und Betonbereitung.

Ältere Litteratur bis 1890: *Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. Bd. IV. Die Baumaschinen. Kap. XV. S. 30.*

Mörtelmischmaschine der Zementfabrik Georgmarienhütte. *Töpfer-Zeitung* 1890. S. 747.

Mörtelbereitung beim Bau des Marienthaler Tunnels. *Zentralbl. d. Bauverw.* 1891. S. 168.

Zaun. Anlage zur Mörtelbereitung. *Prakt. Maschinenkonstr.* 1892. S. 169.

Gauhe's Betonmaschine. *Zeitschr. f. Transportw. u. Straßenb.* 1892. S. 102.

Oehler's Mörtelmisch- und Sandwaschmaschine. *Uhlands Techn. Rundschau* 1893. S. 289.

Mischmaschine für Beton der Maschinenfabrik Geislingen. *Uhlands Techn. Rundschau* 1896. S. 21.

Hildt & Metzger. Betonmaschine. *Tonindustrie* 1897. S. 195.

- Lemont. Concrete machinery on the Chicago drainage canal. Engineering Record 1897. S. 532.
- Steinbrücks Mörtelmischer. Tonindustrie 1898. S. 1227.
- Complete mixer plant. Engineering Record 1899. S. 620.
- Portable gravity concrete mixer. Engineering News 1899. S. 7.
- Zementsteinpressanlage. Prakt. Maschinenkonstr. 1900. S. 20.
- Einfache Betonmischanlage. Uhlands Techn. Rundschau 1900. S. 73.
- Beton- und Mörtelmaschine. Tonindustrie 1900. S. 1145.
- Krupp. Kalkmörtelmischmaschine. Uhlands Techn. Rundschau 1901. S. 28.
- Smith. A new form of rotary concrete mixer. Engineering News 1901. S. 323.
- Von der modernen Mörtelbereitung. Baugewerksztg. 1901. S. 1699.
- Concrete mixing and depositing machine for street work. Engineering News 1902. S. 266.
- Gauhe, Gockel & Co. Betonmischmaschine. Baugewerksztg. 1902. S. 1374.
- Mc. Kelvey. Feed hopper for concrete mixer. Railroad Gazette 1902. S. 689.
- Der Mörtelmischer für die Normenprüfung. Zentralbl. d. Bauverw. 1902. S. 325.
- Coleman. The efficiency of concrete mixing machines. Engineering News 1903. S. 186.
- Betonmischmaschinen. Zement u. Beton 1903. S. 22.
- Neuere Betonmischmaschinen. Zement u. Beton 1903. S. 97.
- Mischanlage beim Bau der Seemauer zu Galveston. Zement u. Beton 1903. S. 125.
- Miscampbell. Rotary concrete mixer. Zement u. Beton 1903. S. 142.
- Gerwien. Mörtelmaschinen. Baugewerksztg. 1903. S. 1151.
- Campbell. Concrete mixer with automatic measuring device. Engineering News 1904. S. 527.
- Concrete mixing plant for a power house foundation. Engineering Record 1904. S. 454.
- Betonmischer Gilbreth. Zement u. Beton 1904. S. 8.
- Neue Betonmischmaschinen. Zement u. Beton 1905. S. 250.
- Zwei neue amerikanische Betonmischmaschinen. Zement u. Beton 1905. S. 296.
- Bonnet Co. Concrete mixer. Engineering Record, Suppl. 1905. S. 60.
- Page. Open drum concrete mixer. Engineering News 1905. S. 613.
- Snell. Mischmaschine für Handbetrieb. Zement u. Beton 1906. S. 190.
- Trump. Mess- und Mischmaschinen für feinkörniges Material. Uhlands Techn. Rundschau 1906. S. 23.
- Betonmischmaschinen des Königl. Bayr. Hüttenamtes Sonthofen. Uhlands Techn. Rundschau 1906. S. 79.
- Albrecht. Die Ransome-Betonmischmaschine. Beton u. Eisen 1906. S. 158.
- Betonmischmaschinen. Bayr. Gewerbebl. 1906. S. 468.
- Betonmischer für Straßenbau. Zement u. Beton 1906. S. 329.
- Owens. Concrete mixers. Engineering 1906. S. 197.
- Freifallmischer. Tonindustrie 1907. S. 1454.
- Gasparly & Co. Betonmischmaschine. Zement u. Beton 1907. S. 299.
- Eureka Machine Co. Betonmischmaschine. Zement u. Beton 1907. S. 489.
- Koehring Machine Co. Concrete mixer for street use. Engineering Record, Suppl. 1907. S. 49.
- Die maschinelle Förderung der Rohstoffe in Mörtelwerken. Stein u. Mörtel 1907. S. 11.
- Neuere Erfindungen auf dem Gebiete der Mischmaschinen. Zement u. Beton 1908. S. 354.
- Century Cement Machine Co. Hercules concrete mixer. Engineering Record, Suppl. 1908. S. 35.
- Neue Betonmischmaschine. Zement u. Beton 1908. S. 793.
- Neuartige Betonmischmaschine. Baugewerksztg. 1908. S. 205.
- A new concrete mixer. Engineering Record, Suppl. 1909. S. 38.
- Neue Betonmischmaschine. Zement u. Beton 1909. S. 135.
- The Eclipse concrete mixer. Iron Age 1909. S. 1119.
- Maschinen zur Betonbereitung. Betonztg. 1909. S. 292.
- Neuerungen an der Ransome-Betonmischmaschine. Beton u. Eisen 1909. S. 157.
- Betonmischmaschine (Pat. Kunz). Ann. f. Gew. u. Bauw. 1909. S. 47.
- Mischmaschine (Pat. Kaiser, St. Ingbert). Zement u. Beton 1909. S. 559.
- Mischvorrichtung für Zementmörtel. Zement u. Beton 1909. S. 554.
- A concrete mixer for tunnel work. Engineering Record, Suppl. 1909. S. 36.
- Berndt. Einiges über die maschinelle Herstellung des Betons. Zeitschr. f. Transportw. u. Straßenb. 1909. S. 520.
- Mörtelmischvorrichtung (Konstruktion Blystone). Zement u. Beton 1909. S. 704.

# Sachregister.

Die Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.

## XIV. Kapitel.

- A**bbauen. 89.  
Abbaumethoden. 92.  
—stoß. 91.  
Abnutzung der Gesteine. 86.  
Abraum. 90, 91.  
—brücke. 91.  
—stoß. 91.  
Absonderung. 27.  
Aktinolith. 8.  
Akzessorische Bestandteile. 5.  
Alabaster. 71.  
Albit. 6.  
Algenkalke. 76.  
Altersunterschied der Gesteine. 35.  
Amphibol. 7.  
Analcim. 9.  
Anamesit. 57.  
Andalusit. 9.  
Andesin. 6.  
Andesit. 49.  
Anhydrit. 71.  
Anlage von Steinbrüchen. 25.  
Anordnung von Abbaufeldern. 95.  
Anorthit. 6.  
Apatit. 10.  
Aplitgranit. 38.  
Apophyllit. 9.  
Apophysen. 33.  
Aragonit. 10.  
Arkosesandstein. 69.  
Asbest. 51.  
Asphalt. 71.  
—kalk. 74.  
Aufschlussarbeiten. 89.  
Aufsuchen von Gesteinen. 88.  
Augengneis. 38.  
—struktur. 16.  
Augit. 7.  
—diorit. 48.  
—porphyrit. 49, 53.  
—syenit. 45.  
Ausscheidungssedimente. 70.
- B**ankung. 40.  
Basalt. 51, 55.  
Basaltlava. 57.  
Batholithen. 33.  
Bauschinger'sche Scheibe. 86.  
Benennung der Gesteine. 10.  
Bergfeuchtigkeit. 86.  
Berme. 91.  
Biegung, Prüfung auf. 85.  
Bimsstein. 43.  
—tuff. 46.  
Bindemittel der Gesteine. 85.  
Biotit. 7.  
—granit. 37.  
—granulit. 43.  
—syenit. 45.  
Blasige Struktur. 21.  
Bomben. 33.  
Brauneisenerz. 10.  
Breccien. 65.  
Bronzit. 8.  
Bruchfeuchtigkeit. 86.  
Butzen. 16.  
Bryozoenkalke. 76.  
Bytownit. 6.
- C**habasit. 9.  
Charakteristische Bestandteile. 5.  
Chemische Sedimente. 70.  
—Zusammensetzung d. Gesteine. 34.  
Chiasolith. 9.  
Chlorit. 8.  
—schiefer. 79.  
Chrysotilasbest. 51.  
Cordierit. 8.  
—gneis. 78.
- D**achschiefer. 70.  
Dazit. 50.  
Decken der Eruptivgesteine. 33.  
Desmin. 9.  
Diabas. 51, 52.  
—grünstein. 53.  
—porphyrit. 53.  
—schiefer. 53.  
—tuff. 53.  
Diallag. 8.  
Dichte Gesteine. 14.  
Diorit. 48.  
—gneis. 48.  
Diskordante Lagerung. 19.  
Dolerit. 57.  
Doleritische Struktur. 15.  
Dolomit. 10, 77.  
—marmor. 77.  
—mergel. 65.  
—sandstein. 67.  
Druckfestigkeit. 83, 84.  
Duckstein. 46.  
Dünensand. 61.  
Dünnschliffe. 12.  
Dynamometamorphose. 78.
- E**ck's Konglomerat. 66.  
Eisenerze. 9.  
Eisenglanz. 9.  
—sandstein. 67.  
Eläolithsyenit. 47.  
Enstatit. 8.  
Epidot. 9.  
Erbsenstein. 75.  
Ergussgesteine. 33.  
Erosion. 24.  
Eruptivgesteine. 5, 32.  
Etagenbau. 94.
- F**allen. 20.  
Faltung. 22.  
Faulboden. 97.  
Feldspatähnliche Minerale. 7.  
Feldspatgruppe. 6.  
Felsit. 44.  
Felsittuff. 44.  
Feste Gesteine. 14.  
Feuerbeständigkeit. 87.  
Flasergneis. 38.  
Fleckschiefer. 80.  
Flugsand. 61.  
Fluidalstruktur. 16.  
Flufssand. 61.  
Frittung. 80.  
Frostwirkung. 85.
- G**abbro. 50.  
Gänge. 33.

- Ganggesteine. 34.  
 Gare. 28, 40.  
 Gartenkies. 41.  
 Gase, Einwirkung auf Gesteine. 85.  
 Gebirgsbildung 22.  
 Gebirgsstörungen. 21.  
 Gerölle. 59, 60.  
 Geschiebe. 60.  
 Gips. 10, 71.  
 Glasbasalt. 55.  
 Glaukonitsand. 62.  
 —stein. 67.  
 Glimmer. 7.  
 —porphyrit. 49.  
 —schiefer. 79.  
 Gneis. 78.  
 —granit. 38.  
 Grabenversenkung. 24.  
 Gräbereien. 100.  
 Granat. 9.  
 Granit. 36.  
 Granitit. 37.  
 Granitporphyr. 39.  
 Granulit. 42.  
 Grauwacken. 69.  
 Grünsand. 62.  
 —sandstein. 67.  
 —schiefer. 53.  
 —stein. 50, 53.  
**H**ärte. 87.  
 Härte der Gesteine. 86.  
 Harmotom. 9.  
 Harnisch. 25.  
 Hartgesteine. 32.  
 Hauptkonglomerat. 66.  
 Höhlmacherboden. 97.  
 Hornblende. 8.  
 —asbest. 51.  
 —diorit. 48.  
 —granit. 37.  
 —porphyrit. 49.  
 Hornfels. 80.  
 Horst. 24.  
 Hypersthen. 8.  
**I**ntersertalstruktur. 15.  
**K**alifeldspat. 6.  
 Kalksand. 62.  
 —stein. 67.  
 —spat. 10.  
 —steine. 72.  
 —tuff. 75.  
 Kaolin. 8.  
 Kaolinisierung. 41.  
 Kaolinton. 63.  
 Kapillarräume. 21.  
 Kies. 59, 60.  
 Kieselkalk. 75.  
 Klastische Gesteine. 13, 59.  
 Klingstein. 47.  
 Klüftung. 25.  
 — im Gebirge. 89.  
 Knollensteine. 66.  
 Knotenschiefer. 80.  
 Körnige Gesteine. 14.  
 Kompakte Gesteine. 21.  
 Konglomerate. 66.  
 Konkordante Lagerung. 19.  
 Kontaktgesteine. 79.  
 —hof. 80.  
 —metamorphose. 41, 78.  
 Korallenkalk. 76.  
 Korngröße der Sande. 61.  
 Kreidesandstein. 67, 68.  
 Kreuzschichtung. 19, 68.  
 Krinoidenkalk. 73.  
 Kristalline Schiefer. 5, 77  
 Kristallinische Gesteine. 13.  
 Krotzen. 57.  
 Künstliches Gestein. 4.  
 Kugelbasalt. 56.  
 Kugelbildung. 28.  
 —granit. 38.  
 Kuppen. 33.  
**L**abrador. 6.  
 Lager. 28.  
 Lagerung. 18.  
 Lakkolithen. 33.  
 Lamprophyr. 39.  
 Lapilli. 33.  
 Lehm. 62, 63.  
 Leimen. 62.  
 Letten oder Lettig. 64.  
 Leuzit. 7.  
 —basalt. 56.  
 Limburgit. 56.  
 Liparit. 43.  
 Lockere Gesteine. 14.  
 Löss. 62.  
 —lehm. 62.  
 Lose Gesteine. 14, 59.  
 Lungstein. 57.  
**M**agneteisen. 9.  
 —kies. 10.  
 Mandelstein. 53, 54.  
 Markesit. 10.  
 Marmor. 76.  
 Massige Gesteine. 5.  
 Mechanische Sedimente. 59.  
 Meeressand. 61.  
 Melaphyr. 51, 54.  
 Mergel. 64.  
 —sandstein. 67.  
 Mirolithgranit. 38.  
 Mikroklin. 6.  
 Mikroskop. 11.  
 Mineralbildner. 80.  
 Minetten. 39.  
 Mulde. 23.  
 Muschelbreccien. 65.  
 —kalk. 74.  
 —marmor. 73.  
 —sand. 62.  
 Muskovit. 7.  
 —granit. 37.  
**N**agelfluh. 66.  
 Natrolith. 9.  
 Natrongranit. 47.  
 —kalkfeldspat. 6.  
 —orthoklasgesteine. 47.  
 —syenit. 47.  
 Natürliches Gestein. 4.  
 Nebengemengteile. 5.  
 Nephelin. 7.  
 —basalt. 56.  
 —syenit. 47.  
 Nicol'sches Prisma. 13.  
 Norit. 50.  
**O**berflächengesteine. 33.  
 Obsidian. 43.  
 Oligoklas. 6.  
 Olivin. 8.  
 —fels. 51.  
 Oolith. 75.  
 Oolithische Struktur. 21.  
 Ophitische Struktur. 15.  
 Organogene Sedimente. 71.  
 Orthoklas. 6.  
 —porphyr. 45.  
**P**arallelstruktur. 16, 84.  
 Pechstein. 44.  
 Pegmatitgranit. 39.  
 Peridotit. 51.  
 Petrograph. Untersuchung. 10, 83.  
 Phillipsit. 9.  
 Phonolith. 47.  
 Phyllit. 79, 80.  
 Pikrit. 53.  
 —porphyrit. 53.  
 Pläner. 65.  
 —kalk. 65.  
 Plagioklase. 6.  
 —gesteine. 48.  
 Plattendolomit. 77.  
 Plattige Absonderung. 27.  
 Plutonische Gesteine. 32.

- Porosität. 85.  
 Porphyr. 46.  
 Porphyrische Struktur. 15.  
 Porphyrit. 49.  
 —diorit. 48.  
 Porphyrtuff. 44.  
 Protogingranit. 38.  
 Prüfung der Gesteine. 81.  
 Prüfungszeugnisse. 82.  
 Pseudomorphosensandstein. 68.  
 Puddingstein. 66.  
 Pyrit. 10.  
 Pyroxen. 7.  
**Quadersandstein.** 68.  
 Quarz. 6.  
 —andesit. 50.  
 —diabas. 53.  
 —diorit. 48.  
 Quarzfreier Porphyr. 45.  
 Quarzit. 66.  
 Quarzporphyr. 43.  
 —porphyrit. 49.  
 —sand. 60.  
 —trachyt. 43.  
**Rapakivi.** 37.  
 Rapilli. 33.  
 Raubbau. 89.  
 Rauchwacke. 77.  
 Regionalmetamorphose. 78.  
 Riffkalke. 76.  
 Rindenbildung. 30.  
 Roehlitzer Porphyr. 44.  
 Rogenstein. 75.  
 Roteisenerz. 9.  
 Rutil. 9.  
**Säulenbildung.** 27.  
 Sättel. 23.  
 Salbänder. 33.  
 Sand. 59, 60.  
 Sandstein. 66.  
 Schädliche Gemengteile. 85.  
 Schalenförmige Absonderung. 27.  
 Schalstein. 53.  
 Schaumige Struktur. 21.  
 Schaumkalk. 75.  
 Scherung, Prüfung auf. 85.  
 Schichtflächen des Gesteins. 84.  
 Schichtung. 18.  
 Schieferton. 64.  
 Schieferung. 26.  
 Schizolithe. 34.  
 Schleppung der Schichten. 23.  
 Schleichsand. 62.  
 Schlick. 63.  
 Schlierige Struktur. 16.  
 Schlotgänge. 33.  
 Schluff. 61.  
 Schotter. 60.  
 Schrägschichtung. 19.  
 Schrämbetrieb. 96.  
 Schreien der Sandsteinwand. 98.  
 Schwammkalke. 76.  
 Schwarzkalk. 75.  
 Schwefelkies. 10.  
 Schwimmsand. 62.  
 Sedimentgesteine. 5, 59.  
 Seesand. 61.  
 Serizit. 7.  
 —schiefer. 79.  
 Serpentin. 8, 51.  
 —asbest. 51.  
 Sonnenbrand der Basalte. 57.  
 Spalten. 25.  
 Spaltungsgesteine. 34.  
 Spatsand. 61.  
 Spezifisches Gewicht. 84.  
 Sprödigkeit. 86, 87.  
 Staffelbruch. 23.  
 Steinerhaltungsmittel. 83.  
 Steinmergel. 65.  
 Stielgänge. 33.  
 Stinkkalk. 74.  
 Stöcke. 33.  
 Stollenbau beim Unterhöhlen. 98.  
 Stoßwirkung. 86, 87.  
 Strahlstein. 8.  
 Streichen. 20.  
 Ströme. 33.  
 Strossenbau. 92.  
 — mit schräger Wand. 92.  
 — mit senkrechter Wand. 94.  
 Struktur der Gesteine. 13.  
 Stylolithen. 73.  
 Suturen. 73.  
 Syenit. 44.  
**Tagebau.** 90.  
 Tafelschiefer. 70.  
 Talkschiefer. 79.  
 Technische Untersuchung. 80.  
 Teilbarkeit der Gesteine. 27.  
 Terrassenbau. 93.  
 Tiefengesteine. 82.  
 Tigersandstein. 68.  
 Titanit. 9.  
 Titaneisenerz. 9.  
 Tonabbau. 101.  
 Tonalit. 37.  
 Tone. 63.  
 Tonsandstein. 66.  
 Tonschiefer. 69.  
 Trachyt. 45.  
 Trachytische Struktur. 15.  
 Trappbasalt. 55.  
 —gesteine. 51, 55.  
 —granulit. 43.  
 Trass. 46.  
 Travertin. 75.  
 Tremolit. 8.  
 Trennungsflächen. 27.  
 Trichterbau. 99.  
 Triebsand. 62.  
 Trochitenkalk. 73.  
 Trümer. 33.  
 Trümmergesteine. 59.  
 Tuff, vulkanischer. 33.  
 Tuffstein. 46, 75.  
 Turmalin. 9.  
 —granit. 37.  
**Übergemengteile.** 5.  
 Überschiebung. 23.  
 Unterhöhlungsbau. 96.  
 Unterminieren. 96.  
 Unterschaffen. 96.  
 Uralit. 8.  
 Urtonschiefer. 79.  
**Verkieselung.** 80.  
 Verkittung, nachträgliche. 26.  
 Verschiedenheit der Prüfungsergebnisse. 82.  
 Versteinerungen. 28.  
 Verwerfungen. 23.  
 Verwerfungsbreccie. 65.  
 Verwitterung. 29.  
 Verwitterungsvorgänge. 82, 83.  
 Vulkanische Gesteine. 33.  
**Wasseraufnahme d. Sandsteine.** 85.  
 Weichgesteine. 32.  
 Weißstein. 42.  
 Wesentliche Bestandteile. 5.  
 Wetterbeständigkeit. 85.  
 Wiesenkalk. 75.  
 Wüstensand. 61.  
**Zähigkeit.** 86.  
 Zellenkalk. 75.  
 Zellige Struktur. 21.  
 Zeolithe. 9.  
 Zerreißungsflächen. 27.  
 Zersetzung. 29, 30.  
 Zirkon. 9.  
 Zug, Prüfung auf. 85.  
 Zusammensetzung der Gesteine. 5.















Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306352

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298671