



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300969

xx
696

Fachalt:

- 10. Heft: Resultate der Untersuchung von armiertem Beton auf reine Zugfestigkeit und auf Biegung, unter Berücksichtigung der Vorgänge beim Entlasten; 1906, 18 Bogen, 7 Lichtdrucktafeln und 70 Textfiguren
- 11. Heft: Resultate der technologischen Untersuchung der schweizerischen Tone; 1907, 35 Bogen, mit 12 Textfiguren, 4 graphischen Darstellungen und 2 Farbentafeln
- 12. Heft: Resultate der Untersuchung von Eisenbetonbalken, und Ergebnisse der Prüfung von Portlandcementen und hydraul. Kalken, 1917, 11 Bogen mit 24 Textfiguren und 4 Lichtdrucktafeln

*13. Guss. Versuche für die Prüfung Kommission des
verminierten Eisen. — Untersuchung des
Einflusses der Druckspannungen im Eisen-
betonbalken u. im Eisen bei Druckbelastung. —
Druckspannungsänderungen von Mästel u. Eisen
beim Zugversuch.*



*16
16*

*xx
696*

Vorwort.

Das erste Heft der neuen Folge der Mitteilungen der eidg. Materialprüfungsanstalt behandelt Versuche mit armiertem Beton. Lange Jahre hindurch hat sich das Versuchswesen mit einzeln benutzten Baumaterialien, wie Holz, Eisen, Bindemittel, befasst, ihre mechanischen Eigenschaften nach allen Richtungen untersucht, um insbesondere Grundlagen für die sichere Entwicklung und Anwendung der Festigkeits- und Elastizitätslehre zu schaffen. Bei diesen Untersuchungen wurde die möglichst völlige Vermeidung von bleibenden Deformationen als Richtschnur zur Aufstellung von Grenzen für die zulässige Beanspruchung von Konstruktionsteilen angenommen. Es hat sich nun mit dem armierten Beton, uneingeladen, ein weiteres Material zur Untersuchung aufgedrängt, welches durch sein Verhalten manche bisherige Anschauung der Festigkeitslehre umwälzen wird.

Aus praktischen Erwägungen entstanden, erfreute sich die neue Bauart der Beliebtheit mancher Techniker, lange bevor das Kopfschütteln der auf Wissenschaft sich stützenden Ingenieure aufhörte und zum Studium dieses Verbundmaterialies einwandfreie Versuche unternommen wurden.

Neun Jahre nach der Einführung des armierten Beton in der Schweiz (1892) hat es gedauert, bis die ersten Versuche damit in der eidg. Materialprüfungsanstalt ausgeführt worden sind; ähnlich verhält es sich bei den ausländischen, offiziellen Instituten, welche erst allmählich ihre vorzüglichen Einrichtungen zum Studium dieser Neuerung verwenden. Die Literatur über diesen Gegenstand enthielt auch bis Ende der 90er Jahre im Wesentlichen nur Resultate von Belastungsproben oder von Untersuchungen, welche auf Kosten der Erfinder mit spärlichen Vorrichtungen unternommen worden waren. Zu den klassischen Versuchen von H. Considère, welche 1898 so viel Aufsehen erregten, sind z. B. ganz kleine, nur 6 cm breite, mit Draht armierte Probekörper verwendet worden. Solchen zum Teil mangelhaften Versuchen verdanken wir jedoch die Kenntnisse, welche zur ersten Aufstellung von Berechnungsverfahren notwendig waren.

Wie ist dieser Widerwille gegen die eingehende wissenschaftliche Untersuchung des armierten Beton zu erklären? Zuerst wohl durch den Umstand, dass die Kenntnis der Spannungs- und Formänderungsverhältnisse bei Körpern aus einem einzigen Materiale noch nicht soweit fortgeschritten ist, dass naturgemäss die Untersuchung von Verbundkörpern folgen konnte; neben den technologischen Qualitäts-Proben, welche sich in grosser Zahl wiederholen, ohne viele wissenschaftliche Ergebnisse zu liefern, ist die Zeit für spezielle Untersuchungen in den Festigkeitsanstalten knapp bemessen und wird eher verwendet zur Abklärung von Fragen, welche eine solche als wahrscheinlich erwarten lassen. Die Vertiefung der Untersuchungen führte auch zur Verwicklung mancher scheinbar einfachen Aufgabe; für die Lösung derselben und neu aufgetauchter Fragen kamen neue Methoden in Vorschlag, deren Bedeutung und nützliche Verwendung zuerst lange Versuchsserien erforderlich machten.

Es seien nur die Versuche bezüglich Brüchigkeitserscheinungen in Flusseisen und im Stahl hier als Beispiele erwähnt. Dieser erste Umstand kann somit zusammengefasst werden in der starken Inanspruchnahme der öffentlichen Prüfungsanstalten durch technologische Versuche und durch das Studium noch ungelöster Fragen, welche die mechanischen Eigenschaften der einzelnen Baumaterialien betreffen.

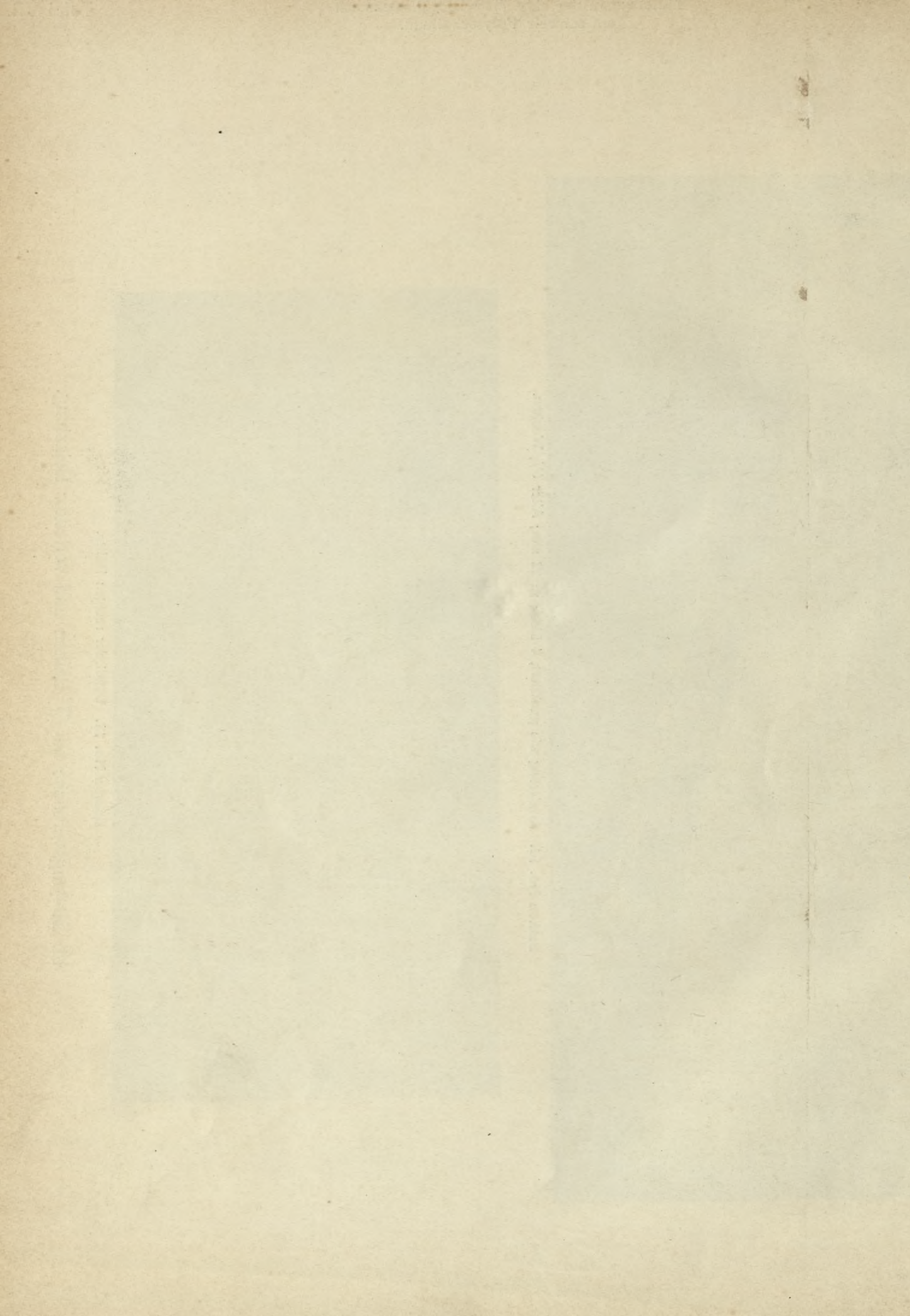
Als weitere Ursache ist die Unwahrscheinlichkeit übereinstimmender Resultate beim Experimentieren mit Eisenbeton zu erwähnen; im Eisen ist das elastische Verhalten unterhalb der Proportionalitätsgrenze nur geringen Unterschieden unterworfen; was oberhalb dieser Grenze eintritt, hat einen Vergleichswert für die Feststellung der Qualität, entzieht sich aber einer schärferen für die Baumechanik wirklich nützlichen Forschung; bei Mörtel und Beton üben Alter und Herstellungsart solche Einflüsse aus, dass bei dem nämlichen Körper die elastischen Eigenschaften weder mit steigender Belastung, noch mit zunehmendem Alter dieselben sind; innerhalb weiter Grenzen ist das elastische Verhalten nur insofern abgeklärt, als für dasselbe mit grober Annäherung bei Vernachlässigung der bleibenden Formveränderungen, in Lehrbüchern Zahlen angeführt werden konnten, welche oft zu Missverständnissen Anlass geben. Und nun sollen die Versuche das Verhalten von Körpern aus zwei Materialien mit so verschiedenen Eigenschaften, wie Eisen und Beton, soweit abklären, dass wissenschaftliche, einwandfreie Methoden zur Dimensionierung aufgestellt werden können. Daran werden in erster Linie Diejenigen zweifeln, welche mit dem Wesen der beiden Materialien am besten vertraut sind. Das ist die zweite wichtige Ursache des Widerwillens gegen eingehende Versuche mit armiertem Beton.

Die Anforderungen der öffentlichen Sicherheit, die Unzulänglichkeit des von den Praktikern gelieferten Versuchsmaterials, die Notwendigkeit, die Vorgänge bis zum Zerstören von Bauteilen aus armiertem Beton genau zu verfolgen und solche unabhängig von geschäftlichen Interessen zu erforschen, haben in den fünf letzten Jahren Behörden und Private dazu geführt, eingehende Untersuchungen anzustellen, welche bereits schätzbares Erfahrungsmaterial lieferten und noch wertvollere Beiträge erwarten lassen.

Mit dem vorliegenden Heft werden die wichtigsten Resultate der Versuche der eidg. Materialprüfungsanstalt auf diesem Gebiete veröffentlicht, nicht weil diese Versuche schwierige Fragen endgültig abklären werden — die weiter oben erwähnten Befürchtungen über das Mangelhafte in den Resultaten solcher Versuche haben sich bestätigt — sondern weil es notwendig geworden ist, sich an diesen Mangel an Uebereinstimmung der Resultate zu gewöhnen und die Bedeutung der Berechnungsmethoden durch solche Versuche zu beleuchten.

Es steht dem Verfasser auch ferne, die bisherigen Arbeiten zur Abklärung der hier zu lösenden Fragen in ihrem Werte abschwächen zu wollen; jede derselben hat ihren Nutzen gehabt und nur durch vereinte Tätigkeit können die sehr verschiedenen Umstände und Gesichtspunkte bei der Anwendung des Eisenbeton gebührend bewertet werden.

Die Verfahren, welche zur Feststellung der Abmessungen der Eisenbetonkonstruktionen in Anwendung gekommen sind, halten sich ziemlich eng an das in der Festigkeitslehre bisher bekannte, d. h. sie bewegen sich innerhalb der Proportionalitätsgrenze eines rein theoretisch zusammengesetzten Materials, welches durchaus nicht die Eigenschaften und die Nachteile des wirklich verwendeten Verbundmaterials besitzt. Ein erster Schritt, sich von diesem grundsätzlichen Fehler zu befreien, ist durch systematische Weglassung jeder Mithilfe des auf Zug beanspruchten Beton versucht worden; da jedoch diese Annahme unter vollständiger Vernachlässigung



MITTEILUNGEN
DER EIDG. MATERIALPRÜFUNGSANSTALT IN ZÜRICH.

11. Heft

(Sonderabdruck aus den Beiträgen zur Geologie der Schweiz,
Geotechnische Serie, IV. Lieferung, nebst Beilagen).

Resultate
der
technologischen Untersuchung
der
schweizerischen Tone

mit 12 Textfiguren, 4 graphischen Darstellungen und 2 Farbentafeln

bearbeitet von

Privatdozent **B. Zschokke**
Adjunkt der Eidgen. Materialprüfungsanstalt
nebst 3 Beilagen.

Geschichtliche Mitteilungen,
statistische Angaben und wirtschaftliche Betrachtungen
über die
schweizer. Tonwarenindustrie

mit 10 Textfiguren

von

Ingenieur Dr. **Rob. Moser**, Zürich.

Selbstverlag der Anstalt.
In Kommission bei **E. Speidel**, Zürich IV.

Zürich
Druck von Aschmann & Scheller
1907.



G. 16.
16.

MITTEILUNGEN
DER EIDG. MATERIALPRÜFUNGSANSTALT IN ZÜRICH.

11. Heft

(Sonderabdruck aus den Beiträgen zur Geologie der Schweiz,
Geotechnische Serie, IV. Lieferung, nebst Beilagen).

Resultate
der
technologischen Untersuchung
der
schweizerischen Tone

mit 12 Textfiguren, 4 graphischen Darstellungen und 2 Farbentafeln

bearbeitet von

Privatdozent **B. Zschokke**
Adjunkt der Eidgen. Materialprüfungsanstalt
nebst 3 Beilagen.

Geschichtliche Mitteilungen,
statistische Angaben und wirtschaftliche Betrachtungen
über die
schweizer. Tonwarenindustrie

mit 10 Textfiguren

von

Ingenieur Dr. **Rob. Moser**, Zürich.

Selbstverlag der Anstalt.

In Kommission bei **E. Speidel**, Zürich IV.

Zürich

Druck von Aschmann & Scheller

1907.

G. 16.
16.





IV - 301078

802-0-148/2018

Vorwort.

Die Untersuchungen der Eidg. Materialprüfungsanstalt im Gebiete der Keramik erstreckten sich bis 1895 nur auf Fertigprodukte der Tonwarenindustrie und umfassten neben vereinzeltten Aufträgen von Behörden und Privaten zwei wichtige Serien von Versuchen mit Backsteinen und Dachziegeln, welche für die Landesausstellungen in Zürich 1883 und Genf 1896 im Verein mit den Interessenten unternommen wurden. Die vollständigen Resultate sind im I. Heft, 3. Auflage der „Mitteilungen“ von Prof. *L. v. Tetmajer*, dem damaligen Direktor der Eidg. Materialprüfungsanstalt, im Jahre 1900 veröffentlicht worden und geben ein anschauliches Bild über die Qualität der dazumal in der Schweiz erzeugten Produkte der Tonwarenindustrie. Auf Vorschlag von Prof. *v. Tetmajer* wurde durch die Generalversammlung des schweizer. Zieglervereins im Jahre 1894 beschlossen, neben den vorhin erwähnten Versuchen auch eine Untersuchung der schweizerischen Tonlager nach geologisch-technologischen Gesichtspunkten durch die Eidgen. Materialprüfungsanstalt durchführen zu lassen. Diese Arbeit wurde im Jahre 1896 begonnen und bis Anfang 1902 erledigt; sie umfasst 445 Tonvarietäten aus den Tonlagern der Mitglieder des schweizer. Zieglervereins.

Zur Vervollständigung dieser Untersuchung wurde im Jahre 1900 von der neu gegründeten schweizerischen geotechnischen Kommission auf die Einladung von *v. Tetmajer* beschlossen, in gleicher Weise auch die übrigen Tonlager der Schweiz aufzunehmen, welche, weil Nichtmitgliedern des schweizer. Zieglervereins angehörend, in der früheren Arbeit nicht inbegriffen waren.

Nach Übereinkunft mit der Eidg. Materialprüfungsanstalt übernahm die geotechnische Kommission im Jahre 1901 die Weiterführung der Untersuchungen und die Publikation der Monographie, sie hatte auch für die weiteren geologischen Aufnahmen zu sorgen; die technologische Untersuchung, die sich auf weitere 418 Tone erstreckte, blieb der Eidg. Materialprüfungsanstalt vorbehalten. Auf diese Weise wurde es möglich, eine wenn auch nicht vollständige, so doch sehr eingehende Monographie der schweizerischen Tonlager aufzustellen. Die ganze umfangreiche Arbeit ist nun als IV. Lieferung der geotechnischen Serie der Beiträge zur Geologie der Schweiz erschienen. Der rastlosen Tätigkeit des Präsidenten der geotechnischen Kommission Herrn Prof. Dr. *U. Grubenmann* ist das Gelingen dieses Werkes besonders zu verdanken.

Das vorliegende XI. Heft der „Mitteilungen“ der Eidg. Materialprüfungsanstalt enthält, als Sonderabdruck des genannten Werkes, die Resultate der technologischen Untersuchung der schweizer. Tone mit einer Beilage über die feuerfesten Tone und die Industrie feuerfester Produkte der Schweiz, sowie im Anschlusse daran zwei Sonder-

arbeiten („Untersuchungen über die Wirkung des Maukens der Tone auf ihre Formbarkeit“ und „Einwirkung verschiedener Bindemittel auf die Ausblühungen an Verblendsteinmauerwerk“). Für die 12 Jahre beanspruchenden technologischen Untersuchungen in der Eidg. Materialprüfungsanstalt wurde eine besondere Abteilung gebildet mit Herrn Adjunkt *Bruno Zschokke* als Vorsteher, dem das nötige Personal untergeordnet war, und dem auch die Aufgabe zufiel, nach Abschluss der Versuche die Sichtung und die Bearbeitung der Resultate zu besorgen.

Nach Beendigung der Bearbeitung des geologischen und des technologischen Teiles sind allgemeine Schlussfolgerungen gezogen und von der geotechnischen Kommission durchberaten worden; sie sind auf Seite 166—167 dieses Heftes enthalten.

Dem gütigen Entgegenkommen des Herrn Ingenieur Dr. *R. Moser* ist es sodann zu verdanken, dass in vorliegendem Heft auch seine Arbeit über die wirtschaftlichen Verhältnisse der schweizerischen Tonindustrie als Separatabdruck aus dem Hauptwerk aufgenommen werden konnte.

Neben einem Beitrag des schweizer. Zieglerversins für die erste Serie von Untersuchungen ist die ganze Arbeit auf Kosten des Bundes durchgeführt worden und es darf hier die Hoffnung ausgesprochen werden, dass sie eine nützliche Grundlage für die Weiterentwicklung der Tonwarenindustrie der Schweiz bilden werde.

Zürich, Juli 1907.

Eidg. Materialprüfungsanstalt

am schweiz. Polytechnikum,

Der Direktor:

Prof. F. Schüle.

INHALT.

Die technologische Untersuchung der schweizerischen Tone

bearbeitet von *B. Zschokke*, Privatdozent am Eidgen. Polytechnikum und
Adjunkt der Eidgen. Materialprüfungsanstalt in Zürich.

| | Seite |
|---|---------------|
| I. Einleitung | 1 |
| II. Die Untersuchungsmethoden | 2 |
| 1. Die analytischen Methoden | 3 |
| 2. Konsistenz und Plastizitätsverhältnisse | 8 |
| 3. Schwindungsverhältnisse | 10 |
| 4. Schmelzbarkeit | 11 |
| 5. Farbe, Härte, Klang | 14 |
| 6. Gewichtsverhältnisse | 15 |
| 7. Wasserkraft und Porosität | 15 |
| 8. Lösliche Salze | 16 |
| 9. Lösliche Körper... .. | 16 |
| 10. Festigkeitsverhältnisse | 17 |
| Abänderungen am ursprünglichen Arbeitsprogramm | 21 |
| III. Die Untersuchungsergebnisse | 29 |
| IV. Besprechung der Untersuchungsergebnisse | 29 |
| a) Die Plastizitätsverhältnisse | 30 u. 70—71 |
| b) Die Schwindungsverhältnisse | 33 u. 72—73 |
| c) Die Dichtigkeitsverhältnisse | 35 u. 74—83 |
| d) Die Gewichtsverhältnisse | 40 u. 84—91 |
| e) Die Festigkeitsverhältnisse | 40 u. 92—105 |
| f) Lösliche Salze und Ausblühungen | 49 u. 106—108 |
| g) Die Brandfarbe | 53 |
| h) Die pyrometrischen Verhältnisse (Schmelzpunkte); Einteilung der Tone | 57 |
| Schlusswort | 64 |
| Tabellarische Zusammenstellung der Resultate der technologischen Untersuchung | 109 |
| Serie A (Tonlager von Mitgliedern des schweizerischen Zieglervereins) | 110 |
| Serie B | 138 |
| Geologisch-technische Schlussfolgerungen | 166 |

IV

Beilagen zum technologischen Teil:

| | Seite |
|---|-------|
| Die feuerfesten Tone und die Industrie feuerfester Produkte der Schweiz | 171 |
| Von B. Zschokke und Dr. L. Rollier. | |
| Untersuchungen über die Wirkung des Maukens der Tone auf ihr Formbarkeit | 199 |
| Von B. Zschokke. | |
| Über die Einwirkung verschiedener Bindemittel auf die Ausblühungen an Verblendsteinmauerwerk | 215 |
| Von B. Zschokke. | |

Geschichtliche Mitteilungen, statistische Angaben und wirtschaftliche Betrachtungen über die schweizerische Tonindustrie.

Von Dr. Rob. Moser, Ingenieur, Zürich.

| | Seite |
|--|-------|
| Geschichtliche Mitteilungen | 3 |
| Statistische Angaben | 9 |
| Wirtschaftliche Betrachtungen | 25 |
| Ungebrannte Tonwaren | 25 |
| Gebrannte Tonwaren | 26 |
| Ziegelbauten in England | 36 |
| Ziegelbauten in Deutschland und der Schweiz | 41 |

Mitteilungen der Materialprüfungsanstalt am Schweiz. Polytechnikum in Zürich.

Sonderabdruck aus den Beiträgen zur Geologie der Schweiz.

Geotechnische Serie, IV. Lieferung.

Technologische Untersuchung der schweiz. Tone

ausgeführt in der

Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt am Schweiz. Polytechnikum.

Bearbeitet von

B. Zschokke,

Privatdozent, Adjunkt der Eidg. Materialprüfungsanstalt.

Selbstverlag der Anstalt.

Zürich

Druck von Aeschmann & Scheller

1907.

I. Einleitung.

Die technologische Untersuchung der schweizerischen Tonlager bezweckte, alle diejenigen Eigenschaften der Tone, die bei deren Verwertung zu Produkten der keramischen Industrie irgendwie in Betracht kommen, festzustellen, um so den Interessenten ein möglichst anschauliches, auf wissenschaftlichen Grundsätzen aufgebautes umfassendes Bild der keramischen Rohmaterialien der Schweiz vor Augen zu führen, ihnen eine sichere Grundlage und Fingerzeige für deren rationelle Verarbeitung und Verwertung zu bieten und damit zur Vervollkommnung und weitem Ausbildung der keramischen Industrie unseres Landes beizutragen.

In statistisch-volkswirtschaftlicher Hinsicht ermöglichen die gewonnenen Untersuchungsergebnisse eine übersichtliche Darstellung des Besitztums des Landes an den verschiedenen Tonvarietäten, sowohl nach Menge als Arten; in wissenschaftlicher Hinsicht gab die Untersuchung Veranlassung zu Sonderuntersuchungen über die Beziehungen zwischen der Entstehung der Tone und ihren Eigenschaften, und über die Beziehungen der verschiedenen Eigenschaften der Tone untereinander; schliesslich gestattete sie sicherere Grundlagen und neue Gesichtspunkte für allseitig zweckentsprechende Prüfungsmethoden der Tone aufzustellen.

Die Gesichtspunkte, nach denen ein Ton charakterisiert werden soll, sind dreierlei Art, nämlich petrographischer, chemischer und physikalischer, beziehungsweise mechanischer Natur. Die Kenntnis der petrographischen und chemischen Zusammensetzung eines Tones allein gestattet uns zwar, trotz den nicht zu verhehlenden Mängeln, welche den dabei zur Anwendung gelangenden Untersuchungsmethoden teilweise noch anhaften, gewisse allgemeine Schlüsse auf dessen physikalische und mechanische Eigenschaften zu ziehen; niemals aber würde sie hinreichen, einen Ton hinsichtlich seiner technischen Eigenschaften allseitig und erschöpfend zu charakterisieren; stets wird es daher nötig sein, die chemische und petrographische Untersuchung durch eine Reihe technologischer Bestimmungen zu ergänzen. Entsprechend ihrer so verschiedenartigen Bildungsweise und Zusammensetzung weichen die Eigenschaften der Tone ganz beträchtlich von einander ab, und ist daher auch ihre technische Verwendung eine ganz verschiedene. In Hinsicht darauf kommt der Bestimmung der verschiedenen Eigenschaften auch eine sehr verschiedene Bedeutung zu.

Bestimmungen, deren Kenntnis im einen Fall zur richtigen Beurteilung eines Tones unerlässlich ist, haben bei einem andern Ton nur eine untergeordnete Bedeutung oder sind streng genommen ganz überflüssig und umgekehrt. Da aber eine endgültige

Qualifikation eines Tones zuweilen erst auf Grund einer umfassenden Untersuchung möglich ist, schien es angezeigt, alle Tone, ohne Rücksicht auf ihre voraussichtliche Qualität, nach einem einheitlichen Schema zu prüfen, um so von ihren Eigenschaften ein möglichst erschöpfendes Bild zu bekommen.

Die Untersuchung der schweizerischen Tonlager durch die geotechnische Kommission bildet die Fortsetzung und den Abschluss der von der schweizerischen Materialprüfungsanstalt in den Jahren 1894--1902 durchgeführten Untersuchung der Tonlager des Schweizerischen Zieglervereins und zerfällt demnach in zwei Teile. Für den ersten Teil der Untersuchung*), der 445 Tone umfasste, wurde das Arbeitsprogramm und Prüfungsschema von dem damaligen Direktor der schweizerischen Materialprüfungsanstalt Prof. L. v. Tetmajer aufgestellt und bis zum Abschluss der Arbeit in unveränderter, einheitlicher Weise durchgeführt. Für den zweiten Teil der Arbeit, der sich auf die Tonlager der dem Zieglerverein nicht angehörenden Ziegeleien, sowie auf die überhaupt industriell noch nicht ausgebeuteten Tonlagerstätten erstreckte, und 418 Nummern umfasst, gelangte auf Grund der im ersten Teil der Untersuchung gemachten Erfahrungen ein vereinfachtes und zum Teil modifiziertes Arbeitsprogramm zur Anwendung.

Bevor wir an die Zusammenstellung und Besprechung der Resultate der Gesamtuntersuchung schreiten, sollen im folgenden Abschnitt die sämtlichen zur Anwendung gelangten Prüfungsmethoden im einzelnen des Näheren beschrieben, begründet und einer kritischen Betrachtung unterzogen werden.

II. Die Untersuchungsmethoden.

Das für den ersten Teil der Untersuchung aufgestellte Arbeitsprogramm umfasste folgende Einzelbestimmungen:

- A. Am ungebrannten Material:
 - 1) die mechanische oder Schlämmanalyse.
 - 2) die rationelle Analyse nach Dr. *Seeger*.
 - 3) die chemische Gesamtanalyse.
 - 4) die Ermittlung der Normalkonsistenz durch das Handkugilverfahren.
 - 5) die Bestimmung des Wassergehalts bei Normalkonsistenz.
 - 6) die Konsistenzbestimmung durch Ermittlung der Eindringungstiefe eines belasteten Pistons.
 - 7) die Ermittlung der Plastizitätsverhältnisse
 - a) durch den Stauchversuch
 - b) durch Beobachtung des Verhaltens des Tonstranges beim Passieren verschiedener Kaliber des Tonschneiders.
 - 8) die Ermittlung der Trockenschwindung.
- B. Am gebrannten Material:
 - 9) die Ermittlung der Brandschwindung bei 3 verschiedenen Temperaturen.
 - 10) die Bestimmung des Schmelz- bzw. Erweichungspunktes.

*) „Die Untersuchung der Tonlager des Schweizerischen Zieglervereins“.

Vortrag, gehalten in der Jahresversammlung des Schweizerischen Zieglervereins in Luzern am 19. Juli 1902 von B. Zschokke, Adjunkt der Eidg. Materialprüfungsanstalt.

- 11) die Bestimmung der Brandfarbe, der Härte und des Klages von Probeziegeln gebrannt bei 3 verschiedenen Temperaturen.
- 12) Ermittlung des spez. Gewichts am pulverförmigen Material.
- 13) Ermittlung des Raumgewichts (inkl. Poren).
- 14) Ermittlung der Wasseraufnahme an den Probekörpern der Zug- und Druckfestigkeit nach 1, 2 und 28tägiger Wasserlagerung.
- 15) Ermittlung der Porositätsverhältnisse
 - a) absolute
 - b) scheinbare } Porosität
- 16) Bestimmung des Gehalts an löslichen Salzen mit qualitativer Analyse derselben.
- 17) Probe auf löschfähige Körper.
- 18) Bestimmung der Zugfestigkeit im trockenen und wassergesättigten Zustand.
- 19) Bestimmung der Druckfestigkeit im trockenen und wassergesättigten Zustand.
- 20) Bestimmung des Abminderungscoefficienten. •

Dieses Programm bedarf noch einiger Erläuterungen. Vor allem ist zu bemerken, dass die nach demselben ermittelten Eigenschaften der Tone durchaus nicht durchwegs als unveränderliche Konstanten des betreffenden Materials zu betrachten sind, sondern je nach den besonderen Bedingungen unter denen dieses zur Prüfung gelangte innert erheblichen Grenzen variiren können. Unveränderlich für ein und dasselbe Material sind bloss dessen chemische und petrographische Zusammensetzung. Alle übrigen Eigenschaften gelten nur für die ganz bestimmten Verhältnisse unter denen das Material verarbeitet wurde und zur Prüfung gelangte. Für den Plastizitätsgrad ein und desselben Tones ist es beispielsweise nicht gleichgültig, bei welchem Zerkleinerungsgrad das Material erprobt wird und oft auch, ob es vor seiner Erprobung gar nicht oder längere Zeit eingesumpft war.

Brandschwindung, Brandfarbe, Schmelzpunkt, Härte, Klang, spezifisches und Raumgewicht, Wasseraufnahmefähigkeit, Porosität, Festigkeitsverhältnisse etc., hängen zu einem grossen Teil von der Mahlfeinheit und Brandtemperatur ab und schwanken mit dieser innert bedeutenden Grenzen. In Hinsicht auf letztern Punkt ist allerdings zu bemerken, dass es für jeden Zieglerton — und in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle handelte es sich um derartige Materialien — eine bestimmte Temperatur, oder besser gesagt, eine mehr oder weniger eng begrenzte Temperaturzone gibt, unter oder über welcher das Material nicht gebrannt werden sollte, oder kann, ohne an seiner Qualität einzubüssen. Die in Frage kommenden physikalischen und mechanischen Bestimmungen wurden daher jeweilen an Materialproben ausgeführt, welche bei dieser Temperatur, der sogenannten Garbrandtemperatur gebrannt wurden. Zu den verschiedenen in Anwendung gekommenen Untersuchungsmethoden sind im einzelnen noch folgende Bemerkungen notwendig:

1. Die analytischen Methoden.

Wenn wir uns vergegenwärtigen, dass in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle die in der Natur vorkommenden Tone keineswegs reine Tonsubstanz, also das Hydrat der kieselsauren Tonerde ($\text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2, 2\text{H}_2\text{O}$) darstellen, sondern ein Gemisch von Tonsubstanz mit mehr oder minder grossen Mengen aller möglichen andern

mineralischen Bestandteile wie z. B. Feldspat, Quarz, Glimmer, Augit, Schwefelkies, Calciumcarbonat, Gyps etc., dass ferner diese Bestandteile in allen möglichen kleinen Korn- und Krystallgrößen und Verwitterungszuständen vorkommen, so ist leicht ersichtlich, welche Schwierigkeiten sich dem Chemiker darbieten, wenn er sich von der Zusammensetzung eines Tones ein völlig richtiges und genaues Bild verschaffen will. Das Ideal einer Tonanalyse wäre nach obigem daher zweifellos die petrographische Analyse, sofern sie uns gestatten würde, den Gehalt eines Tones an Tonsubstanz sowie an allen übrigen Gesteinsarten qualitativ und quantitativ genau festzustellen. Wenn nun auch die petrographische Analyse mit Zuhilfenahme des Mikroskops in ihrer Anwendung auf die eigentlichen Gesteine in den letzten Jahren derartige Fortschritte gemacht hat, dass man mit ihrer Hilfe die Zusammensetzung eines Gesteins aus den verschiedenen Mineralkomponenten nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ in befriedigender Weise bestimmen kann, so ist sie doch noch nicht so weit ausgebildet, um als laufende Untersuchungsmethode auf Töne Anwendung zu finden; denn hier sind die einzelnen Gesteinsbestandteile in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle in einem so weitgehenden Zustand der Zerkleinerung und oft auch der Verwitterung vorhanden, dass ihre Differenzierung äusserst erschwert, um nicht zu sagen verunmöglicht wird. Man behilft sich daher heutzutage zumeist noch mit der Schlämmanalyse, der rationellen Analyse nach *Seger* und der chemischen Gesamtanalyse, wiewohl uns diese Hilfsmittel keineswegs etwas vollkommeneres bieten. Betrachten wir uns diese 3 Untersuchungsmethoden noch etwas näher:

a) Die mechanische oder Schlämmanalyse hat bekanntlich den Zweck, durch einen möglichst rationell geführten Schlämmprozess die Tonsubstanz, welche von allen Bestandteilen eines Tones in der feinsten Verteilung vorhanden ist, von den übrigen grobkörnigen Komponenten, den sog. magernden Bestandteilen zu trennen. Da nun aber bekanntlich in der Natur keine schroffen Übergänge vorkommen, so ist leicht erklärlich, dass wir in den meisten Tonen Übergänge von erheblichen Korngrößen der diversen Materialien durch alle Mittelstufen hindurch bis zum allerfeinsten Schlamm vorfinden, wodurch eine absolut scharfe Trennung von magernden Bestandteilen und eigentlicher Tonsubstanz verunmöglicht wird. Selbst bei dem vollkommensten bis dato bekannten Schlämmpararat, dem *Schöne'schen* Apparat, besteht daher das mit der geringsten noch messbaren Wassergeschwindigkeit von 0,18 mm per Sekunde abgeschlämmte Produkt nicht aus reiner Tonsubstanz, sondern stellt stets nur ein an solcher Substanz stark angereichertes Produkt dar. Mit Rücksicht hierauf und den verhältnismässig bedeutenden Zeitaufwand, welchen die Durchführung einer solchen Analyse erfordert, mit Hinsicht auf den Umstand, dass mit jedem Ton noch die rationelle wie auch die Gesamtanalyse vorgenommen worden, wurde auf die Verwendung des *Schöne'schen* Apparates verzichtet und dafür ein einfacheres Verfahren eingeschlagen, das weniger auf eine möglichst scharfe Bestimmung der Tonsubstanz als eine Aussonderung der grobkörnigen Bestandteile und eine Trennung derselben nach verschiedenen Korngrößen abzielt.

Es wurde dazu wie folgt verfahren:

Von dem zu analysierenden, getrockneten Ton wird ein gutes Durchschnittsmuster von 50 gr. in einer Porzellan- oder einer emaillierten eisernen Schale mit Wasser längere Zeit zu einem dünnen Brei verkocht, dieser dann 1—2 mal 24 Stunden sich selbst überlassen, hierauf in einen etwa 3 Liter fassenden Decantirzylinder gegossen und

mit H₂O angefüllt. Nach gründlichem Aufrühren und Umschütteln sieht man fast ausnahmslos zwei durch Korngrösse, namentlich aber durch die Farbe deutlich und scharf geschiedene Schichten sich absetzen. Sobald die obere aus Tonsubstanz und sog. Schluff, d. h. feinst verteilten, magernden Bestandteilen bestehende Schicht sich deutlich absetzen beginnt, wird vermittelst eines Hebers die darüber stehende trübe Flüssigkeit abgezogen. Der Rückstand wird neuerdings mit H₂O übergossen und die Operation des Umschüttelns, Absetzenlassens und Abhebers mehrere Male wiederholt, bis die grösste Menge der Tonsubstanz und des Schluffs entfernt ist. Nun wird der sandige Rückstand in eine Reibschale gespült und hier unter Zusatz von heissem Wasser zerrieben.

Diese Operation hat den Zweck, Sand und Tonsubstanz, die oft ganz ausserordentlich zäh aneinander haften, zu trennen. Dieses Reiben darf aber nicht unter starkem Druck, auch nicht mit einem gewöhnlichen Porzellanpistill ausgeführt werden, da sonst die körnigen Bestandteile mit zerrieben würden, sondern es wird hiezu ein hölzerner, mit dickem weichem Kautschukstoff überzogener Pistill verwendet.

Der so behandelte Rückstand wird neuerdings durch Schlämmen gereinigt und die Operation so oft wiederholt bis er keine Tonsubstanz an das Wasser mehr abgibt. Der Schlämnrückstand wird schliesslich bei 110° getrocknet und gewogen. Diese Analyse wurde pro Tonsorte jeweilen im Doppel ausgeführt und ergab Unterschiede, die etwa zwischen 0,1 und 3% schwankten, also Resultate, die sehr befriedigend genannt werden können. Da die Korngrösse der magernden Bestandteile, namentlich wenn es sich um aus Mergel, Calciumcarbonat, oder Schwefelkies bestehenden Knöllchen handelt, von grosser Bedeutung für die Wertschätzung eines Tones ist, so wurde der Schlämnrückstand nachträglich noch durch Sieben nach 4 Korngrössen sortiert und die Resultate der Schlämmanalyse schliesslich wie folgt zusammengestellt:

| | |
|---|-----------|
| Gesteinstrümmer von etwa 5 bis max. mm Korngrösse | = . . . % |
| Grobsand von 5 bis zirka 0,5 mm Korngrösse | = . . . % |
| (Rückstand auf dem 900 Maschensieb.) | |
| Feinsand (zirka 0,5 bis 0,10 mm Korngrösse) | = . . . % |
| (Siebgut zwischen 900 und 4900 Maschensieb.) | |
| Staubsand (Siebgut vom 4900 Maschensieb) von 0,10 bis | |
| 0,01 mm Korngrösse | = . . . % |
| Abgeschlämmte Tonsubstanz und Schluff | = . . . % |
| Total | 100 % |

Es kann sich bei der soeben beschriebenen Methode der Schlämmanalyse, wie nochmals betont werden soll, keineswegs um eine quantitative Bestimmung der Tonsubstanz handeln; denn insbesondere ist es das in manchen Tönen feinst verteilte kreideartige Calciumcarbonat, das bei der Schlämoperation als „Schluff“ zu einem nicht unbedeutenden Teil mit der Tonsubstanz abgeschlämmt und zu dieser gerechnet wird. Die Methode hat lediglich den Zweck, über die ungefähren Mengenverhältnisse der grobkörnigen Partien der magernden Bestandteile Aufschluss zu geben, was für die Behandlung der Rohmaterialien bei deren Verarbeitung zu keramischen Produkten und für die Eigenschaften der gebrannten Waren von wesentlicher Bedeutung ist.

b) Die rationelle Analyse nach *Sege*r bezweckt, den Gehalt eines Tones an wirklicher Tonsubstanz und magernden Bestandteilen auf chemischem Wege zu ermitteln

und basiert bekanntlich auf der Zersetzbarkeit der Tonsubstanz durch heisse conc. Schwefelsäure. Mit einigen wenigen an der ursprünglichen Methode vorgenommenen Änderungen wurde diese für vorliegende Untersuchung ausgeführt wie folgt: Zirka 3 gr. der bei 120° getrockneten Substanz werden in einer Porzellanschale mit verdünnter Salzsäure (1:3) wiederholt so lange digeriert bis fast alles Eisen in Lösung gegangen, d. h. bis die abdecantierte Flüssigkeit fast farblos ist. Der Rückstand, der noch wenig H₂O enthalten soll, etwa 20 cm³, wird mit zirka 25 cm³ konzentrierter Schwefelsäure versetzt und auf blossem Feuer über Drahtnetz so lange erhitzt, bis dicke Wolken von Schwefelsäuredämpfen entweichen. Durch diese Behandlung wird die Tonsubstanz zersetzt und Aluminiumsulfat (Al₂(SO₄)₃) gebildet. Man lässt nun vollständig erkalten und dekantiert so lange mit kochendem Wasser, bis alles Aluminiumsulfat in Lösung gegangen ist. In der Regel genügt eine zweimalige Dekantation mit je 100 cm² Wasser. Der Rückstand wird nun mit einer Mischung von Soda und Natronlauge zu gleichen Teilen gemengt, (Konzentration 1:20) zirka 5 Minuten unter beständigem Umrühren gekocht und sofort und ganz heiss filtriert. Lässt man erkalten, so tritt sofort Koagulierung der Lösung ein und das Filtrieren wird verunmöglicht. Durch diese Behandlung geht die früher an Aluminium gebundene jetzt lösliche Kieselsäure in Lösung. Beim Kochen mit der Soda-Natronlösung darf die Konzentration der Flüssigkeit nicht zu hoch steigen, da sonst leicht Quarz angegriffen wird. Der Rückstand wird nun zur Entfernung der letzten Spuren Eisen neuerdings mit Salzsäure (1:3) versetzt, man kocht, lässt absetzen und filtriert. Nachher wird die Behandlung mit Soda-Natron wiederholt und hierauf nochmals mit verdünnter Salzsäure behandelt.

Schliesslich bringt man den Rückstand auf das Filter, wäscht gut aus bis keine Reaktion auf Chlor mehr erkenntlich, bringt das Filter feucht in einen Tiegel, glüht 10 Minuten auf dem Gebläse und wägt.

Nachdem man an einer andern Probe des nämlichen Tons nach dem Verfahren der chemischen Gesamtanalyse den Gehalt des Tons an Calcium- und Magnesiumcarbonat ermittelt, wird das Resultat der rationellen Analyse protokolliert wie folgt:

| | | |
|---|-------------------------------|---------------|
| In Schwefelsäure unlöslicher Rückstand (unverwittertes Muttergestein, Quarz, Feldspath) | | = . . % |
| Calciumcarbonat, Magnesium- | } nach der chemischen Gesamt- | |
| carbonat, Eisenoxyd, Gips | | |
| Tonsubstanz (durch Differenz) | | = . . % |
| | | Total . . . % |

c) Die chemische Gesamtanalyse. Vorbereitung des Materials. Ca. 30 kg Ton werden in einer geeigneten Trockenvorrichtung gut getrocknet, die groben Stücke mit dem Hammer zerschlagen, worauf die Masse in der Kugelmühle zur Staubfeinheit zerkleinert wird.

Etwa 50 gr. des so vorbereiteten Materials werden bei zirka 110° C. vorgetrocknet und das getrocknete Material in gut schliessenden Wägegläschen unter der Glocke eines Exsiccators aufbewahrt.

Bestimmung des Glühverlustes. Ca. 1 gr. der trockenen Substanz wird im abgewogenen Platintiegel bei allmählich gesteigerter Hitze etwa 20 Minuten geglüht und nach dem Erkaltenlassen im Exsiccator gewogen. Die Gewichtsabnahme = chemisch

gebundenes Wasser + CO₂ + Bitumen. Das Erhitzen wird wiederholt bis zur Gewichtskonstanz.

Bestimmung der Kohlensäure. Die Bestimmung der Kohlensäure geschieht nach dem Verfahren von *Lunge-Marschlewsky* (siehe chemisch-technische Untersuchungsmethoden von *G. Lunge* I, pag. 171 u. fgd.).

Bestimmung der Kieselsäure. Das Material wird nach der Natriumkarbonatmethode aufgeschlossen und im Übrigen verfahren nach *F. P. Treadwell*: Lehrbuch der analytischen Chemie II Bd. 1905, pag. 356—354. Ein allfälliger Gehalt an Titansäure wird ermittelt nach der kalorimetrischen Methode v. *A. Weller* (s. *Treadwell*, Lehrbuch der analytischen Chemie 1905, II Bd., pag. 370 u. 378).

Das Filtrat von der Kieselsäure wird in 250 cm³ Kölbchen aufgefangen und bis zur Marke mit Wasser verdünnt.

Bestimmung der Sesquioxyde. In 50 cm³ obiger Lösung werden bei Siedehitze mit einem geringen Überschuss von CO₂ freiem Ammoniak die Sesquioxyde gefällt, sofort heiss abfiltriert und bis zum Ende der Chlorreaktion mit heissem Wasser gewaschen; dann wird das Filter nass verbrannt und der Rückstand 2—5 Minuten über dem Gebläse bis zur Gewichtskonstanz geglüht.

Das festgestellte Gewicht = Tonerde + Eisenoxyd.

Bestimmung des Kalkes. Das klare Filtrat von obiger Fällung wird zum Sieden erhitzt und eine ebenfalls siedende Lösung von Ammonoxalat zugefügt. Es scheidet sich Calciumoxalat aus, das man am besten über Nacht sich absetzen lässt. Dann wird filtriert, mit heissem Wasser gewaschen, feucht verbrannt und eine halbe Stunde auf dem Gebläse geglüht. Der Kalk wird als CaO gewogen.

Bestimmung der Magnesia. Das Filtrat vom Kalkniederschlag wird zur Trockne verdampft und in einer Porzellanschale zur Vertreibung der Ammonsalze geglüht. Der Glührückstand wird in etwas angesäuertem Wasser gelöst, die Lösung filtriert, schwach alkalisch gemacht und das Magnesium nach der Methode v. *W. Gibbs* (s. Lehrbuch v. *Treadwell*, pag. 54) als Magnesiumammoniumphosphat ausgeschieden und in Magnesiumphosphat übergeführt.

Bestimmung des Eisens. Das Eisen wird in 50 cm³ der salzsauren Lösung massanalytisch bestimmt nach der Permanganatmethode unter Zugabe von 20 cm³ Mangansulfatlösung (1 T. kryst. Mn SO₄ : 5 T. H₂O). Das gefundene Eisen wird auf Fe₂O₃ umgerechnet und dieses von der Summe der Sesquioxyde abgezogen; die Differenz = Tonerde.

Die Schwefelsäure wird in weitem 50 cm³ der salzsauren Lösung nach vorangegangenem Abscheiden und Entfernen von Calciumverbindungen und Sesquioxyden als Baryumsulfat gefällt und bestimmt. Das gefundene Ba SO₄ wird auf SO₃ umgerechnet.

Die Alkalien werden als Differenz zu 100 in Berechnung gebracht oder aber direkt bestimmt nach der *Berzelius*'schen Methode mit Flußsäure (vgl. *Treadwells* Lehrbuch 1905, pag. 365).

Die nach der Methode der Gesamtanalyse gefundenen Zahlen wurden sowohl für das ungebrannte Material, wie auch auf den gebrannten Zustand berechnet und wie folgt protokolliert:

| | |
|--|-------------|
| Si O ₂ (Kieselsäure) | = . . . 0/0 |
| Ti O ₂ (Titansäure) | = . . . 0/0 |
| Al ₂ O ₃ (Tonerde) | = . . . 0/0 |
| Fe ₂ O ₃ (Eisenoxyd) | = . . . 0/0 |
| Ca CO ₃ (Kohlensaurer Kalk) | = . . . 0/0 |
| Mg CO ₃ (Kohlensaure Magnesia) | = . . . 0/0 |
| Ca SO ₄ (Gyps) | = . . . 0/0 |
| Ca O (Calciumoxyd) | = . . . 0/0 |
| Mg O (Magnesiumoxyd) | = . . . 0/0 |
| Wasser und Bitumen | = . . . 0/0 |
| Alkalien (aus Differenz) | = . . . 0/0 |

2. Konsistenz- und Plastizitätsverhältnisse.

Jedes der eingelieferten Tonmuster im durchschnittlichen Gewicht von etwa 30 Kilo wurde zunächst in einem mit Gas geheizten Trockenschrank bei 100—110° künstlich getrocknet, sodann in einer Kugelmühle zerkleinert, hierauf auf dem 144-Maschensieb gesiebt und schliesslich in einem gegen vorzeitige Entwässerung geschützten Sumpf 2—3 Wochen eingesumpft. Nach Verfluss dieser Zeit wurde das Material durch einen kleinen, für unsere Tonuntersuchungen von der Firma *Usteri-Reinacher* in Zürich speziell konstruierten, ganz aus Bronze bestehenden Tonschneider (Fig. 1) dreimal hintereinander durchgetrieben und auf diese Weise völlig homogenisiert. An dem so vorbereiteten

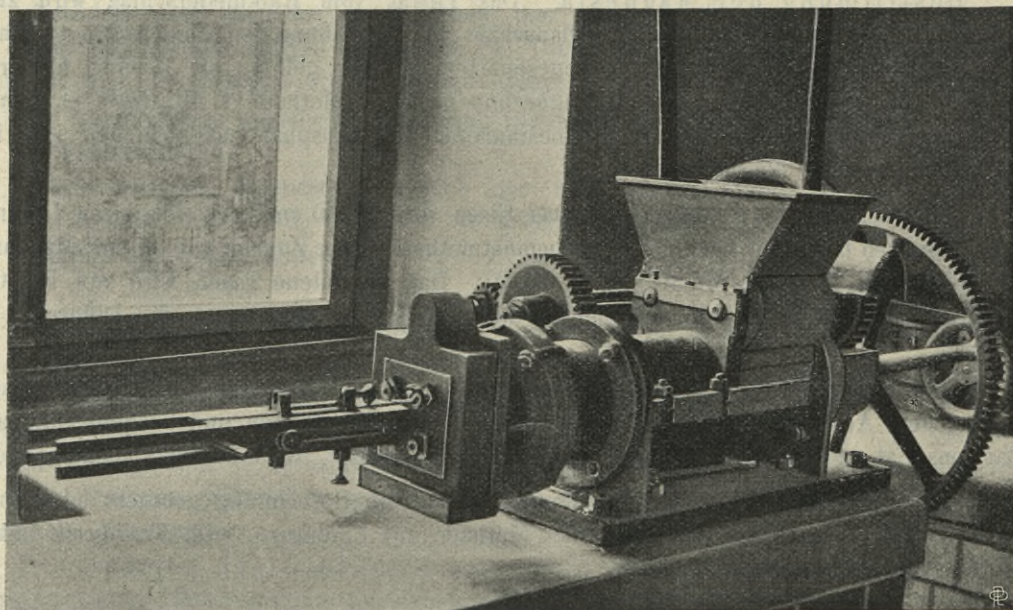


Fig. 1.

Material wurden nun einerseits Plastizitätsversuche vorgenommen und andererseits daraus die zu Brandversuchen bestimmten Probekörper erzeugt.

Sowohl für die Bestimmung der Plastizitätsverhältnisse des feuchten Tonteiges, als auch die Herstellung der Probekörper der Zug- und Druckfestigkeit ist es bei einer vergleichenden Untersuchung verschiedener Tonsorten absolut notwendig, dass man sich auf eine einheitliche Konsistenz des Tonteiges, auf eine Normalkonsistenz einigt. Wenn wir von dem bei uns nur in vereinzelt Fällen angewendeten Trockenpressverfahren absehen, bei welchem die Tonmasse nicht im hochplastischen Zustand, sondern in Form eines schwach feuchten Pulvers verwendet wird, das bloss wenige % Mischwasser enthält, wird der Ton im Allgemeinen bekanntlich in Form eines von Hand noch leicht formbaren Teiges verarbeitet. In welcher Weise soll nun die Normalkonsistenz für diesen Teig bestimmt, resp. die Höhe des Wasserzusatzes bemessen werden? Alle Tone mit ein und derselben Wassermenge anmachen zu wollen, wäre ganz unzulässig, weil wir auf diese Weise zufolge ihres so sehr verschiedenen Wasserbindevermögens zu ganz verschiedenen Konsistenzen gelangen würden. Würde man z. B. einen ganz mageren Ton mit 25% Wasser anmachen, so bekämen wir einen viel zu dünnflüssigen Brei, aus welchem sich niemals brauchbare Probekörper herstellen liessen; würde man andererseits einen sehr fetten Ton mit der nämlichen Wassermenge verarbeiten, so bekäme man eine so steife Masse, die sich mit dem Tonschneider kaum mehr verarbeiten liesse. Man ist daher, um gleiche Konsistenz zu bekommen, genötigt, den Wasserzusatz der Tone ihrem Wasserbindevermögen anzupassen. Als Normalkonsistenz wurde diejenige angenommen, bei welcher ein kleiner feuchter Tonklumpen zwischen den beiden innern Handflächen leicht hin und hergerollt, sich von diesen glatt löst. Das ist auch diejenige Konsistenz, bei welcher nach den Anschauungen des praktischen Zieglers der Ton im Tonschneider verarbeitet werden soll. Zur Ermittlung des dieser Konsistenz entsprechenden Wasserzusatzes wird nun wie folgt verfahren: Zirka 100 gr des gut homogenisierten, vorher eingesumpften Tones werden mit einem kleinen Überschuss von Wasser angemacht, so dass ein an der Haut noch stark adhärrierender, klebriger Teig entsteht. Dieser wird in einem Trockenschrank etwas getrocknet, oder auf einer wasserabsaugenden Unterlage durchgeknetet und hierauf zwischen den frisch gewaschenen und gut getrockneten Händen neuerdings hin- und hergeballt; sollte der Teig noch an der Haut kleben, wird er neuerdings etwas getrocknet und in obiger Weise so lange und vorsichtig weitergefahren, bis der Moment eintritt, wo die Kugel sich beim Ballen sauber und glatt von der Hand löst. Sie wird alsobald gewogen, zu einem Kuchen breitgeschlagen, bei 120° völlig ausgetrocknet und durch die Gewichts-differenz der Gehalt an Anmachwasser bestimmt. Dieser scheinbar rohe Versuch ist viel empfindlicher und genauer, als man auf den ersten Blick vermuten könnte. Zum Beweis hiefür seien nachstehend 20 Konsistenzbestimmungen nach dem Handkugelfahren aufgeführt, die von zwei verschiedenen Manipulanten unabhängig von einander ausgeführt wurden. (Siehe bezügliche Tabelle auf Seite 10).

Bei diesem Wassergehalt haben die Tone ihre maximale Plastizität, d. h. bei der höchst zulässigen Dünnflüssigkeit des Teiges besitzen sie noch die zur Verarbeitung und zur Herstellung von Tonwaren notwendige Kohäsion. Je nach dem Grad ihrer Magerkeit, bezw. Fettigkeit, enthalten die Tone bei der so ermittelten Normalkonsistenz, wie aus

| No. des Tones | Wassergehalt des Tones in % bei Normalkonsistenz | | Differenz | No. des Tones | Wassergehalt des Tones in % bei Normalkonsistenz | | Differenz |
|------------------|--|------------------|-----------|------------------|--|------------------|-----------|
| | Beobachter I | Beobachter II | | | Beobachter I | Beobachter II | |
| 504 | 17.04 | 16.81 | 0.23 | 152 | 20.79 | 21.26 | 0.52 |
| 505 | 19.60 | 19.92 | 0.32 | 257 | 17.27 | 16.94 | 0.33 |
| 506 | 20.82 | 21.44 | 0.62 | 267 | 23.59 | 23.63 | 0.04 |
| 507 | 19.15 | 18.80 | 0.35 | 271 | 23.38 | 23.88 | 0.50 |
| 508 | 24.33 | 25.03 | 0.70 | 272 | 27.65 | 27.29 | 0.36 |
| 509 | 15.82 | 15.66 | 0.16 | 274 | 13.04 | 13.08 | 0.04 |
| 511 | 13.84 | 13.18 | 0.66 | 275 | 23.52 | 23.01 | 0.51 |
| 514 | 20.00 | 20.50 | 0.50 | 276 | 24.69 | 24.15 | 0.54 |
| 518 | 23.10 | 23.10 | 0.00 | 279 | 27.17 | 27.39 | 0.22 |
| 519 | 23.30 | 22.91 | 0.39 | 288 | 22.67 | 22.11 | 0.56 |

obiger Tabelle hervorgeht, sehr verschiedene Wassermengen, die nach unsern Untersuchungen von etwa 13—32% schwanken können. Die Normalkonsistenz wurde nun auch noch direkt gemessen.

Zu dem Zweck wurde der Ton aus dem Tonschneider direkt in ein zylindrisches Glasgefäß von 9 cm Höhe und ebenso so viel cm Durchmesser hineingetrieben, dieses sodann oben glatt abgestrichen, und auf die Oberfläche des Tonkörpers das einmal ein mit 2 kg belasteter zylindrischer Piston von 1 cm Durchmesser, bei einem zweiten Versuchskörper, ein mit 15 kg belasteter Piston von 3 cm Durchmesser aufgesetzt und dessen maximale Eindringungstiefe beobachtet und protokolliert.

Zur Ermittlung der Plastizität wurden auf der schon mehrfach erwähnten Ziegelmaschine zylindrische Probekörper von 30 mm Durchmesser und 60 mm Höhe erzeugt, beidseitig ebenflächig abgerichtet und sofort in Normalkonsistenz unter einer kleinen *Amsler*'schen Druckpresse bis zum Eintritt ausgesprochener Rissbildung gestaucht. (Fig. 2.) Das Mass der Stauchung d. h. die Höhenverminderung S in Bezug auf die ursprüngliche Höhe wird durch die Formel

$$S = \frac{h-h_1}{h} 100$$

ausgedrückt. Im Weitern wurden die Tone hinsichtlich ihres plastischen Verhaltens dadurch zu charakterisieren versucht, dass ihr Verhalten, speziell die Beschaffenheit der Kanten des Tonstrangs beim Austritt aus einer Serie von Kalibern mit successive abnehmendem Querschnitt (4×1.5 ; 4×1.2 ; 4×0.9 ; 4×0.6 ; 4×0.3 cm) beobachtet und protokolliert wurde.

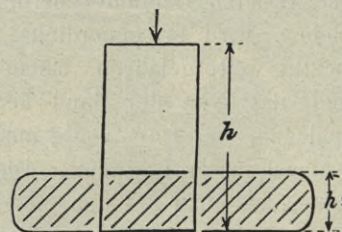


Fig. 2.

3. Schwindungsverhältnisse.

Die Schwindung und zwar sowohl die Trocken-, Brand- und Gesamtschwindung wurde laut Ausfertigungen an Hohlziegeln von 4,0 cm Breite, 2 cm Dicke und

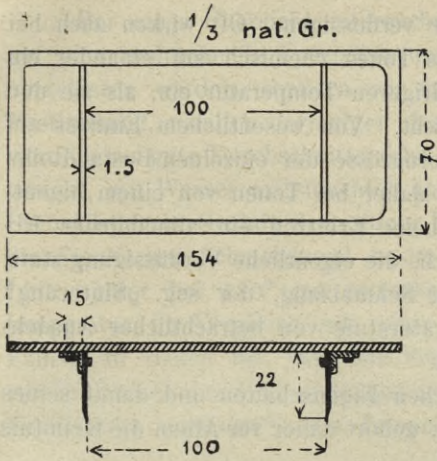


Fig. 3.

11 cm Länge, wie an je 2 Stück Maschinenvollziegeln von 4 cm Breite und 1,5, resp. 1,2 cm Dicke bestimmt. Als Messlänge diente ein Markenabstand von 10 cm, der auf den frisch erzeugten Probekörpern mittelst einer Lehre markiert wurde, die aus zwei Stahlschneiden besteht, welche in einem Bronzerahmen gefasst sind. (Fig. 3.) Die Messung geschah mittels eines Maßstabs mit halb mm-Teilung. Die Trockenschwindung wurde an den zunächst an der Luft, später im Trockenschrank bei 110° C künstlich getrockneten Körpern bestimmt, die Brandschwindung an Probekörpern, die bei drei verschiedenen Temperaturen im *Sege*r'schen Gasofen der Materialprüfungsanstalt gebrannt wurden.

Die Konstruktion dieses kleinen Versuchsofens, welcher mit Leuchtgas geheizt wird und in dem die Probestücke in einer vom Feuer völlig umspülten zylindrischen Kapsel aus feuerfestem Material eingeschlossen sind, darf als bekannt vorausgesetzt werden. Die Temperaturbestimmung geschah mit Hilfe der bekannten *Sege*r'schen Schmelzkegel. Auf die Theorie dieser Methode der Temperaturmessung, die Beschreibung und Verwendungsweise dieser Kegel soll hier nicht näher hingetreten werden, da darüber in der Fachliteratur ausführliche Angaben zu finden sind. Probeziegel in den oben beschriebenen Dimensionen können im *Sege*r'schen Gasofen in 5–6 Stunden mit Leichtigkeit gebrannt werden.

Um von dem stark wechselnden Gasdruck der städtischen Gasleitung unabhängig zu sein, wurde unmittelbar vor dem Ofen ein *Wenham*'scher Druckregulator eingeschaltet. Pro Tonsorte wurden drei Probebrände ausgeführt und zwar:

- 1) Ein milder Brand.
- 2) Ein Garbrand.
- 3) Ein scharfer Brand, bis zum Beginn eintretender Sinterung.

4. Schmelzbarkeit.

Da die Feuerbeständigkeit in der Wertschätzung der Tone eine besonders hervorragende Rolle spielt, so wurde der Prüfung dieser Eigenschaft eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt und von jedem einzelnen Ton der Schmelzpunkt, oder besser ausgedrückt der Erweichungspunkt direkt auf experimentellem Wege bestimmt. Von einem eigentlichen Schmelzpunkt in der physikalischen Bedeutung des Wortes, der den meist plötzlichen Übergang vom festen in den tropfbar flüssigen Zustand bezeichnet, ohne dass dabei mit dem Körper eine chemische Veränderung vorgeht, kann man bekanntlich nur bei einfachen Körpern, z. B. Metallen, oder solchen zusammengesetzten Körpern reden, die sich bei der betreffenden Temperatur nicht zersetzen. Bei den Tönen aber, die in ihrer überwiegenden Mehrzahl ein mechanisches Gemenge der verschiedenartigsten Substanzen darstellen, liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Oft beginnt bei einer bestimmten Temperatur ein Bestandteil zu schmelzen, während die übrigen noch völlig fest

sind und sich erst später bei höherer Temperatur verflüssigen. Oft wirken auch bei höherer Temperatur verschiedene Bestandteile eines Tones chemisch auf einander ein und es tritt die Schmelzung selbst bei einer niedrigeren Temperatur ein, als sie den Schmelzpunkten der einzelnen Komponenten entspricht. Von wesentlichem Einfluss auf die Schmelzbarkeit der Tone ist ferner auch die Korngrösse der einzelnen Bestandteile.

Zufolge der genannten Umstände kann man daher bei Tönen von einem eigentlichen Schmelzpunkt kaum reden. Meist findet beim Erhitzen ein allmähliches Erweichen und schliesslich, mehr oder weniger plötzlich, die eigentliche Verflüssigung statt, wobei zwischen den ersten Anzeichen beginnender Schmelzung, der sog. „Sinterung“ und der vollständigen Verflüssigung oft eine Temperaturstufe von beträchtlicher Ausdehnung liegt.

Um einen Ton hinsichtlich seiner pyrometrischen Eigenschaften und damit seines Verwendungszweckes erschöpfend zu charakterisieren, gehört daher vor Allem die Kenntnis von mindestens drei Temperaturstufen, nämlich:

1) der Sintertemperatur d. h. derjenigen Temperatur, bei welcher die Wasser-
saugkraft des gebrannten Materials zufolge Porenschlusses = 0 wird, respektive nach
nach Vorschlag von *Tetmajer* unter 2% sinkt;

2) der Deformations- oder Erweichungstemperatur, d. h. derjenigen Tempe-
ratur, bei welcher Probekörper des Materials nicht sowohl durch die Schwindung, als zufolge
einer wirklichen Erweichung des Materials eine deutlich wahrnehmbare Formänderung
zu erleiden beginnen;

3) der Schmelztemperatur, d. h. derjenigen Temperatur, bei der das Material in
den tropfbar flüssigen Zustand übergeht.

Von Wichtigkeit ist es hiebei, nicht nur die absolute Höhe dieser Temperaturen zu kennen, sondern auch ihre gegenseitige Lage, insbesondere diejenige von Sinter- und Deformationstemperatur; denn letztere liegt durchaus nicht immer, wie man etwa erwarten könnte, über der Sintertemperatur, sondern kann mit ihr unter Umständen zusammenfallen, ja sogar sehr häufig unter ihr liegen. Diese Verhältnisse spielen aber sowohl zur Beurteilung der Frage, für welchen Zweck ein bestimmter Ton sich hauptsächlich eignet, dann aber im Fabrikbetrieb selber eine wichtige Rolle. Von einem Ton, dessen Deformationspunkt unter dem Sinterpunkt liegt, ist von vorneherein ganz ausgeschlossen, dass er für sich allein zu Klinkerwaren irgend welcher Art Verwendung finden könnte; ein anderer Ton, dessen Deformationstemperatur nur wenig über dem Sinterpunkt liegt, wird bei seiner Verwendung zu Sinterwaren (z. B. Pflasterklinkern, Belagplatten, Kanalisationsröhren u. drgl.) beim Brennen stets Schwierigkeiten bereiten, weil bei der geringsten Überschreitung der Garbrandtemperatur zufolge Erweichung des Materials Deformationen des Brennguts zu befürchten sein werden.

Ein feuerfester Ton schliesslich, dessen Schmelzpunkt sehr hoch, vielleicht bei 1800° liegt, verliert bedeutend an Wert, wenn nicht gleichzeitig sein Deformations- und Sinterpunkt ebenfalls sehr hoch liegen.

Betreffs weiterer Einzelheiten über die pyrometrischen Verhältnisse der Tone sei auf die einschlägigen Sonderuntersuchungen des Verfassers hingewiesen.*)

*) *B. Zschokke*: „Über pyrometrische Untersuchung der Tone“.

Vortrag, gehalten an der Generalversammlung des Schweiz. Zieglervereins in Arbon, 22. Juni 1904.

Bei einer Übersichtsuntersuchung von mehreren hundert Tonen konnte natürlich auf eine weitgehende Spezialisierung der Versuche im oben angedeuteten Sinne nicht eingetreten werden, sondern wir mussten uns, wie bereits erwähnt, mit einer einzigen Bestimmung, nämlich derjenigen des sog. Erweichungspunktes begnügen. Zu dem Zweck wurde eine gute Durchschnittsprobe des Tons fein gepulvert, durch das 900-Maschensieb gesiebt, mit Wasser angefeuchtet und daraus mittelst einer zweiseitigen Form aus Bronze Probekörper in Gestalt dreiseitiger Pyramiden, von den nämlichen Abmessungen, wie sie die *Seger'schen* Schmelzkegel besitzen, angefertigt. Dieselben wurden vorerst an der Luft, später bei 110° gut getrocknet und im *Seger'schen* Gasofen deren Erweichungstemperatur im Vergleich mit einer Reihe *Seger'scher* Kegel bestimmt. In denjenigen Fällen, in denen die mit dem Segerofen erreichbare Marimaltemperatur (zirka 1450°) zur Bestimmung der Erweichungstemperatur nicht ausreichte, wurde diese im *Deville'schen* Gebläseofen bestimmt*), der Temperaturen bis auf zirka 1850° zu erreichen gestattet.

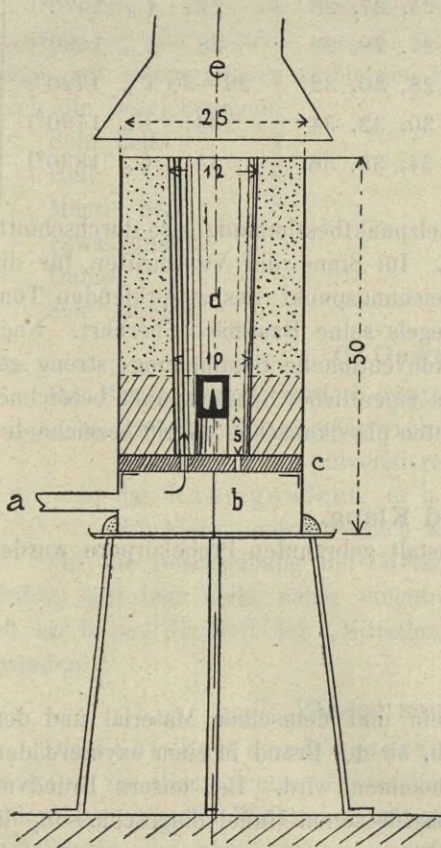


Fig. 4.

Der Betrieb des Ofens geschieht wie folgt: Nachdem der Tiegel mit aufgekittetem Deckel und Untersatz in den leeren Ofen eingesetzt, werden etwa 10 Stück mit Petroleum getränkte Holzspähne in den Ofen geworfen und nun unter langsamem Treten des Blasebalgs (25—30 Stösse per Minute) successive 200 gr mit etwas Petrol getränkte Holzkohle in Haselnussgrösse aufgegeben, schliesslich noch etwa 100 gr Retortengrafit. Sobald die Kohlen lebhaft zu sprühen beginnen — was in etwa 3—4 Minuten der Fall ist —, wird die übrige, durch

Die Konstruktion dieses Ofens geht aus Fig. 4 hervor. In dem untern zylindrischen, oben schwach konischen Ofenraum d, dessen Wandungen aus gestampfter, gebrannter Magnesia bestehen, steht auf einem Untersatz aus bestem, feuerfesten Material eine kleine zylindrische Kapsel, welche im Innern einen Probekegel von 2,7 cm Höhe aus der zu prüfenden Substanz, sowie 3 Segerkegel kleines Modell enthält. Als Brennmaterial dient Retortengrafit, bezogen vom Gaswerk Zürich, der in Haselnussgrösse von möglichst gleichmässigem Korn zerschlagen wird. Der zur Erzielung der hohen Temperatur nötige Gebläsewind wird mittelst eines neben dem Ofen aufgestellten, mit dem Fuss betriebenen Zylindergebläses erzeugt. Der Wind tritt durch das Rohr a in den Windkessel b und von dort durch die mit 40 Durchbohrungen versehene gusseiserne Bodenplatte c in den Ofenraum d. Die Feuergase entweichen durch die Haube e in den Schornstein.

*) Tonindustriezeitung. 1893, pag. 1281.

Versuche zum Voraus ermittelte Menge Grafit auf einmal nachgefüllt, resp. so viel, bis der Ofen eben voll ist und der Rest in dem Mass aufgegeben, als das Brennmaterial nachrutscht. Die Trittzahl am Blasbalg wird auf 60 per Minute erhöht und von diesem Augenblick an die Versuchsdauer berechnet.

Für die wichtigsten Temperaturstufen ergaben sich folgende Verhältnisse:

| Holz-Kohle in gr | Retorten- grazit in gr | Anzahl der Hübe des Blasbalges per Minute | Dauer des Versuchs (ohne An- heizen) | Einzusetzende Sege-Kegel: N ^o | Erreichte Temperatur. (Kegel N ^o u. Sch. P.) |
|---------------------|------------------------------|--|---|--|---|
| 200 | 1400 | 60 | 17 m | 16, 18, 20 | 18—19 (ca. 1500°) |
| 200 | 1550 | „ | 23 „ | 19, 21, 23 | 21—22 („ 1560°) |
| 200 | 1600 | „ | 23 „ | 22, 24, 26 | 24—25 („ 1620°) |
| 200 | 1700 | „ | 25 „ | 25, 27, 28 | 27 („ 1670°) |
| 200 | 1800 | „ | 26 „ | 27, 28, 29 | 28 („ 1690°) |
| 200 | 1800 | „ | 28 „ | 28, 30, 32 | 29—30 („ 1720°) |
| 200 | 2000 | „ | 31 „ | 30, 32, 34 | 33 („ 1790°) |
| 200 | 2100 | „ | 34 „ | 34, 35, 36 | 35 („ 1830°) |

Im *Deville'schen* Ofen beansprucht eine Schmelzpunktbestimmung also durchschnittlich etwa $\frac{1}{2}$ Stunde, im *Sege*rofen $1\frac{1}{2}$ Stunden. Im Sinne der Vorschriften für die Benutzung der *Sege*r'schen Kegel, wird der Erweichungspunkt des zu prüfenden Tons als erreicht angesehen, sobald die Spitze des Kegels seine Basisfläche berührt. Nach dem früher gesagten ist dies natürlich eine rein konventionelle Bestimmung; streng genommen dürfen die so gefundenen Werte nicht als eigentlicher Schmelzpunkt bezeichnet werden; zum Unterschied von diesem ganz bestimmten physikalischen Begriff bezeichneten wir sie als „Erweichungspunkt“.

5. Farbe, Härte und Klang.

An den im *Sege*rofen der Materialprüfungsanstalt gebrannten Probekörpern wurden bestimmt:

- 1) die Nüance der Brandfarbe;
- 2) die Härte;
- 3) der Klang.

Die Nüance der Brandfarbe hängt bei ein und demselben Material und derselben Brandtemperatur bekanntlich auch davon ab, ob der Brand in einer oxydierenden, reduzierenden oder neutralen Atmosphäre vorgenommen wird. Bei unsern Brandversuchen waren die Probekörper in einer allseitig geschlossenen Muffel eingeschlossen, die Brennluft demnach neutral bis schwach oxydierend.

Zur Bestimmung der Brandfarbe diente eine von den Herren Prof. *Bluntschli*, *Graf* und *Lasius* vom Eidg. Polytechnikum aufgestellte, diesem Bericht beigegebene Farbenskala, welche 40 Farbtöne umfasst und für eine genaue Charakterisierung der Farbtöne bei der überwiegenden Mehrzahl aller untersuchten Tone völlig hinreichte. *)

*) Über die Grundsätze, die bei Aufstellung dieser Farbenskala wegleitend waren siehe I. Heft, 3. Aufl., pag. 33 der „Mitteilungen der Materialprüfungsanstalt am schweiz. Polytechnikum in Zürich“. Zürich 1900.

2) Die Härte wurde durch den Ritzversuch nach der mineralogischen Härteskala von *Mohs* bestimmt. Diese Härteskala umfasst 10 verschiedene Mineralien, die von 1 bis 10 nummeriert in aufsteigender Reihe 10 verschiedene Härtegrade darstellen. Es sind dies:

| | |
|----------------|---------------------------|
| No. 1 Talk. | No. 6 Orthoklasfeldspath. |
| „ 2 Gyps. | „ 7 Quarz. |
| „ 3 Calcit. | „ 8 Topas. |
| „ 4 Flußspath. | „ 9 Korund. |
| „ 5 Apatit. | „ 10 Diamant. |

Durch ein planmässiges gegenseitiges Ritzen der Versuchskörper mit Bruchstücken obiger Mineralien kann der Härtegrad, welcher einen ungefähren Maßstab für die mechanische Abnützbarkeit des Materials bildet, festgestellt werden.

3) Der Klang, der ebenfalls einen gewissen Anhaltspunkt für die Schärfe des Brandes und die dadurch erzielte Härte abgibt, wurde durch Abklopfen der Probekörper mit einem kleinen stählernen Hammer ermittelt und die Klangfarbe ausgedrückt durch die Bezeichnungen:

Sehr hell.
Hell.
Mässig hell.
Etwas dumpf.
Dumpf.
Sehr dumpf.

6. Gewichtsverhältnisse.

Mit Bezug hierauf wurden ermittelt:

- Das spezifische Gewicht, d. h. das Gewicht der Cubikeinheit des porenfreien, also des pulverisierten Materials (*V*);
- das Raumgewicht, d. h. das Gewicht der Cubikeinheit des Materials in Stückform, einschliesslich seiner Poren und Hohlräume (*d*).

Auf die Beschreibung der Methoden, nach denen diese beiden Daten ermittelt werden, soll hier nicht näher eingetreten werden, da ausführliche Angaben hierüber sich im I. und II. Heft der „Mitteilungen der Schweizerischen Materialprüfungsanstalt“ vorfinden.

7. Wasseraugkraft und Porosität.

Die Fähigkeit der Wasseraufnahme, die zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit der Steine im allgemeinen und ihrer Verwitterungsfähigkeit und Frostbeständigkeit im besondern von grösster Wichtigkeit ist, wurde dadurch bestimmt, dass je 6 der vorher gut getrockneten und abgewogenen Probekörper der Zug- und Druckfestigkeit in Wasser eingelegt und nach Verfluss von 1, 2 und 28 Tagen zurückgewogen wurden. Die Gewichtszunahme, ausgedrückt in % des ursprünglichen Steingewichts, ist der Maßstab für die Wasseraugkraft. Damit die Wasseraufsaugung eine möglichst vollständige sei und durch die in den Poren des Steines eingeschlossene Luft nicht behindert werde, wurden die Probekörper in ein Gefäss mit flachem Boden gelegt, in dieses vorerst bloss 1 cm hoch Wasser eingegeben, um später im Verlauf von 24 Stunden allmählich und voll-

ständig mit Wasser gefüllt zu werden. Auf diese Weise durchdringt das Wasser die Probekörper allmählich von unten nach oben und verdrängt so die eingeschlossene Luft.

Bei der Bestimmung der Porosität ist zu unterscheiden zwischen der absoluten und der scheinbaren Porosität. Die erstere berechnet sich aus dem Unterschied des spezifischen Gewichts und des Raumgewichts und gibt den wirklichen Gehalt des Materials an Poren auf rechnerischem Wege.

Bezeichnet man mit V das spezifische Gewicht, mit d das Volumen- oder Raumgewicht des betreffenden Materials, so ist das prozentuale Mass der absoluten Porosität:

$$n = 100 \cdot \frac{V - d}{V} = \dots \%$$

Die scheinbare Porosität dagegen wird durch den direkten Versuch, d. h. aus der Fähigkeit der Wasseraufnahme ermittelt und fällt daher oft etwas geringer aus als die absolute Porosität, weil selbst bei 28tägiger Wasserlagerung und unter Beobachtung der oben beschriebenen Vorsichtsmassregel das Wasser nicht immer in alle Poren zu dringen vermag. Bezeichnet man mit d das Volumgewicht, d. h. das Gewicht der Volumeneinheit, mit g das Trockengewicht der Probe, deren scheinbare Porosität bestimmt werden soll, mit V_w das Volumen des absorbierten Wassers, so haben wir:

$$\frac{g}{d} : V_w = 100 : n_1$$

(Volumen des
Probestückes)

Daraus berechnet sich die scheinbare Porosität:

$$n_1 = \frac{V_w \cdot 100 \cdot d}{g}$$

8. Lösliche Salze.

Der Gehalt des Materials an löslichen Salzen ist ein wichtiger Fingerzeig dafür, ob es, namentlich bei seiner Verwendung zu Verblendsteinen, Neigung zu den so gefürchteten Ausblühungen zeigt oder nicht. Diese Bestimmung wurde in der Art vorgenommen, dass Bruchstücke des gebrannten Materials gepulvert und das Mehl auf dem 900- und 4900-Maschensieb abgeseiht wurde. 25 gr des zwischen diesen Sieben verbleibenden Materials wurden mit 250 cm³ Wasser eine Stunde lang gekocht, filtriert und ausgewaschen.

Die Menge der vorhandenen löslichen Salze wurde sodann durch Verdampfen der Lösung und schwaches Glühen des Rückstandes ermittelt und in % vom Steingewicht ausgedrückt. Um nähern Aufschluss über die Natur dieser Salze zu erhalten, wurden dieselben nachträglich noch qualitativ analysiert.

9. Lösliche Körper.

Die Bestimmung des Gehalts an löslichen Körpern hat den Zweck, im gebrannten Material das Vorhandensein von Körnchen und Knöllchen nachzuweisen, die bei

der spätern Verwendung desselben zu Absplitterungen und Ablösungen Anlass geben können. Im ungebrannten Rohmaterial bestehen diese Knollen meist aus Mergel oder kohlen-saurem Kalk. Durch das Brennen der Formlinge wird die Kohlensäure ausgetrieben, es bleibt Ätzkalk zurück, der später unter dem Einfluss der Kohlensäure und der Feuchtigkeit der Atmosphäre (Regen, Schneewasser, Tau) sich allmählich zu löschen beginnt, dabei sein Volumen vergrößert, am Stein Ablösungen verursacht oder diesen sogar gänzlich zu sprengen vermag. Diese zerstörende Wirkung der Kalk- und Mergelknollen, die in der Praxis sich oft erst nach Wochen und Monaten bemerkbar macht, kann man auf künstlichem Wege binnen ganz kurzer Zeit, d. h. in 2—3 Stunden, herbeiführen. Zu dem Zweck werden einzelne grössere Bruchstücke der zu prüfenden gebrannten Probesteine in einem kleinen, mit Sicherheitsventil versehenen kupfernen Druckkessel auf einem Sieb derart gelagert, dass sie von dem darunter befindlichen Wasser nicht bespült werden. Der Kessel wird hier-auf hermetisch verschlossen, erhitzt und während zirka 3 Stunden darin ein Überdruck von $\frac{1}{3}$ — $\frac{3}{4}$ Atmosphären unterhalten. Nach Verfluss dieser Zeit werden die Proben dem Dampfbad entnommen und ihre Beschaffenheit geprüft. Sind löschfähige Körper in wirksamer Menge und Korngrösse vorhanden, so werden sie mehr oder minder be-deutende Absplitterungen an den Steinen erzeugt haben. Diese Wirkung tritt jedoch erfahrungsgemäss nur dann ein, wenn die Kalk- und Mergelknöllchen eine gewisse Grösse, zum mindesten Stecknadelkopfgrosse erreichen; sind Kalk und Mergel in staubfeinem Zustand vorhanden, so bleibt die Wirkung aus. Da zur Herstellung unserer Probekörper das Rohmaterial, wie eingangs erwähnt, vorangehend stets in einer Kugelmühle zer- kleinert und dann gesiebt wurde, so waren bei dem Versuch auf löschfähige Körper des gebrannten Materials Treibungserscheinungen nur in ganz vereinzelt Fällen zu kon- statieren.

10. Festigkeitsverhältnisse.

Zur Bestimmung der Zug- und Druckfestigkeit des gebrannten Materials wurde auf der *Uster'schen* Ziegelmaschine aus dem gut homogenisierten, normal kon- sistenten Material ein Tonstrang von achterförmigem, resp. quadratischem Querschnitt erzeugt und daraus für die Probekörper der Zug- und Druckfestigkeit die entsprechenden Stücke abgeschnitten. Erstere besaßen die nämlichen Abmessungen, wie die zur Be- stimmung der Zugfestigkeit der Zemente allgemein üblichen Achterproben, mit 5 cm² Querschnitt an der eingeschnürten Stelle. Die Würfel der Druckprobekörper hatten 5 cm Kantenlänge. Von jeder Sorte Probekörper wurden je 30 Stück erzeugt.

Sämtliche Probekörper wurden vorerst im Nasslagerraum der Anstalt, später auf geschützten Trockengestellen an freier Luft und schliesslich in einem Trockenschrank mit Gasfeuerung bei 110° allmählich und sorgfältig getrocknet. Auf Grund der im *Sege'r'schen* Ofen gemachten Vorbrände wurde die normale Brandtemperatur, die Gar- brandtemperatur festgesetzt und die Probekörper während des ersten Teils der Untersuchung im Ringofen der „*Mechanischen Backsteinfabrik Zürich*“, später in einem in der Material- prüfungsanstalt für diese Zwecke eigens aufgestellten, von der Firma *Rappold & Steiger* in Zürich konstruierten Versuchsofen gebrannt. Zur Erzielung einer möglichst reinen Brandfarbe wurden sowohl im Ringofen wie im Versuchsofen der Anstalt die Proben in Muffeln eingesetzt und dadurch der direkten Einwirkung der Feuergase, welche auf die Reinheit der Brandfarbe einen nachteiligen Einfluss ausüben, entzogen. Die

Grundriss.

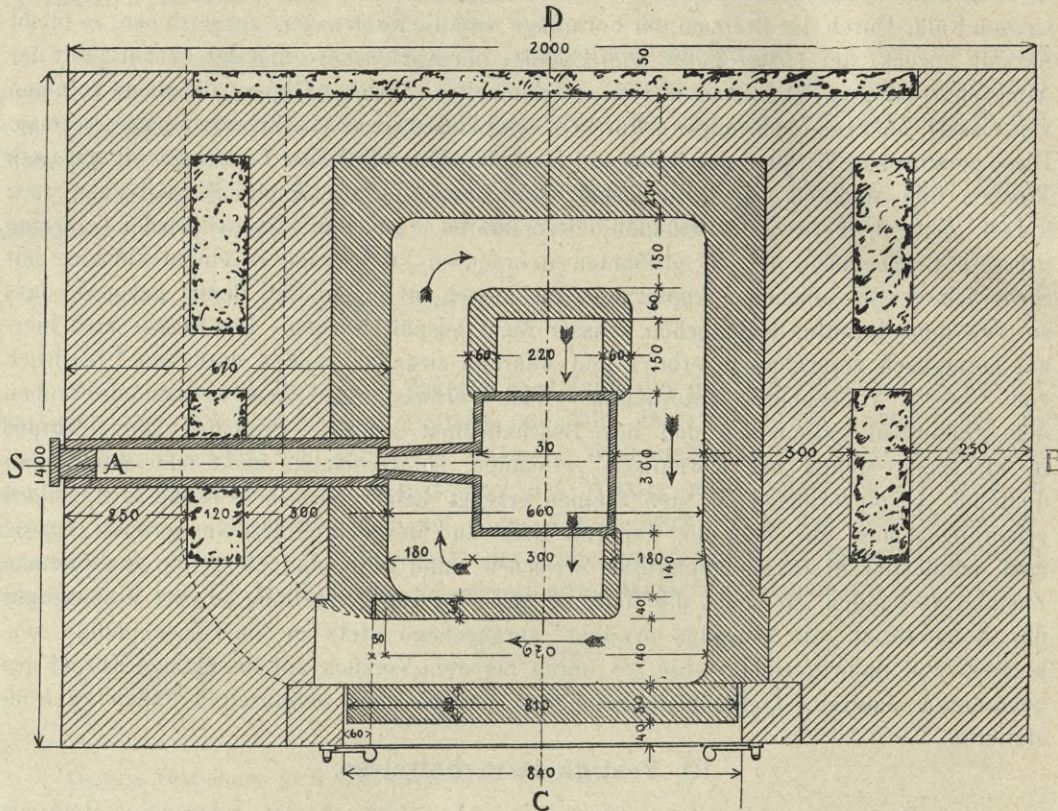


Fig. 5.

Konstruktion des Versuchsofens geht aus den Figuren 5, 6 und 7 hervor. Die von dem Planroste R aufsteigenden Feuergase bespülen zuerst die untere, dann die hintere Seite der Muffel M, ziehen sodann von hinten nach vorn über die Decke derselben, bestreichen die Vorderseite, hierauf die linke, dann die rechte Seitenwand, um schliesslich in ein zirka 15 m hohes Kamin zu entweichen. Die Muffel, welche bequem 90 würfelförmige Probekörper von 5 cm Kantenlänge zu fassen vermag, wird demnach von allen sechs Seiten von den Flammen umspült und auf diese Weise eine möglichst gleichmässige Erhitzung erzielt.

Als Heizungsmaterial wird Steinkohle verwendet. Ein Brand gewöhnlichen Ziegelmaterials (Temp. 950—1100°) erforderte 11—11½ Stunden, d. h. eine Tagschicht, besonders fette Tone, die gegen zu rasches Anheizen empfindlicher sind, eine Doppelschicht. Der Brennmaterialverbrauch beträgt pro einfache Schicht 55—60 Kilo Kohle. Ohne Zuhilfenahme von Gebläseluft kann die Temperatur in diesem Versuchsofen leicht auf 1400° gebracht werden. Zur Erzielung höherer Temperaturen steht ein kleiner *Sutzer'scher* Windflügel mit elektrischem Antrieb zur Verfügung. Die Temperaturen wurden teils mit *Segger'schen* Schmelzkegeln, teils mit dem durch seinen hohen Genauigkeitsgrad sich auszeichnenden thermoelektrischen Pyrometer von *Le Chatelier* gemessen. Zur Beobachtung der *Segger-Kegel*

Schnitt A-B.

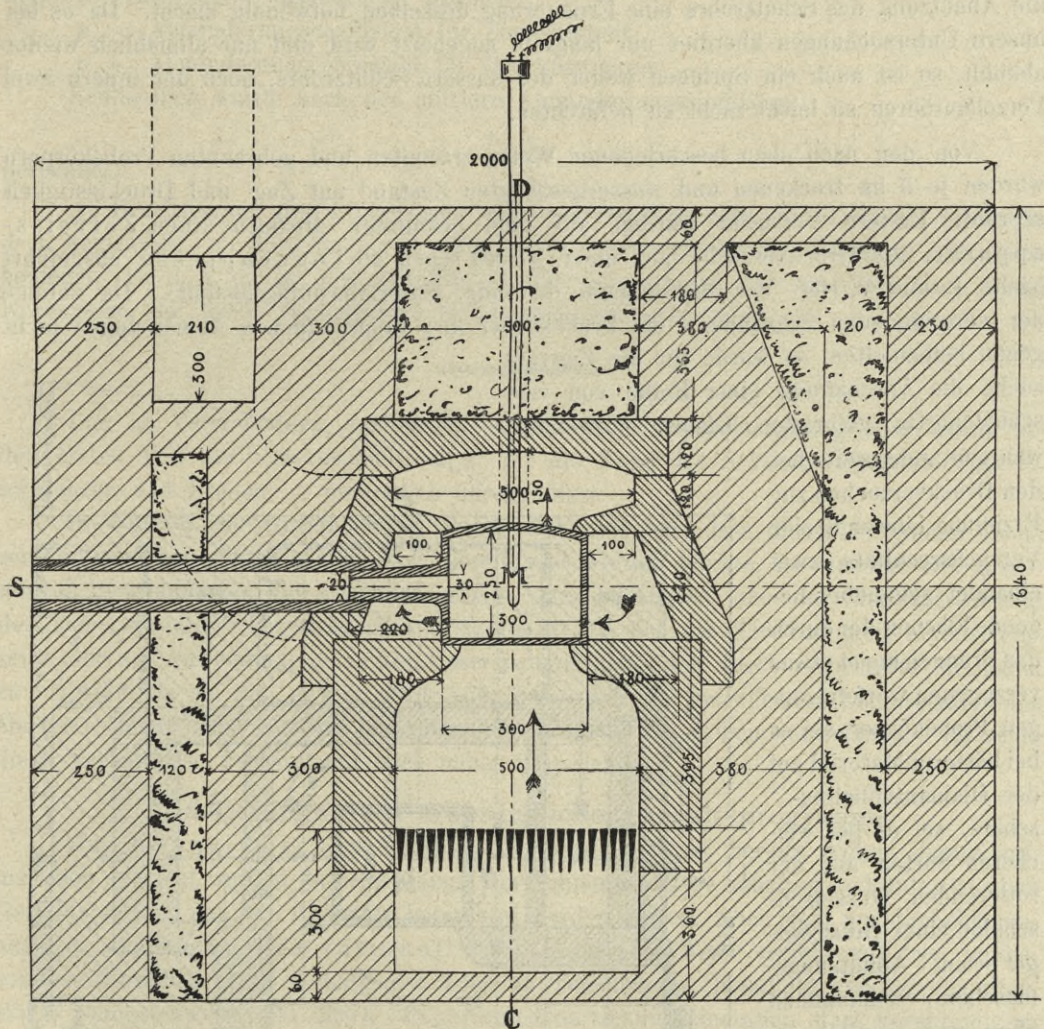


Fig. 6.

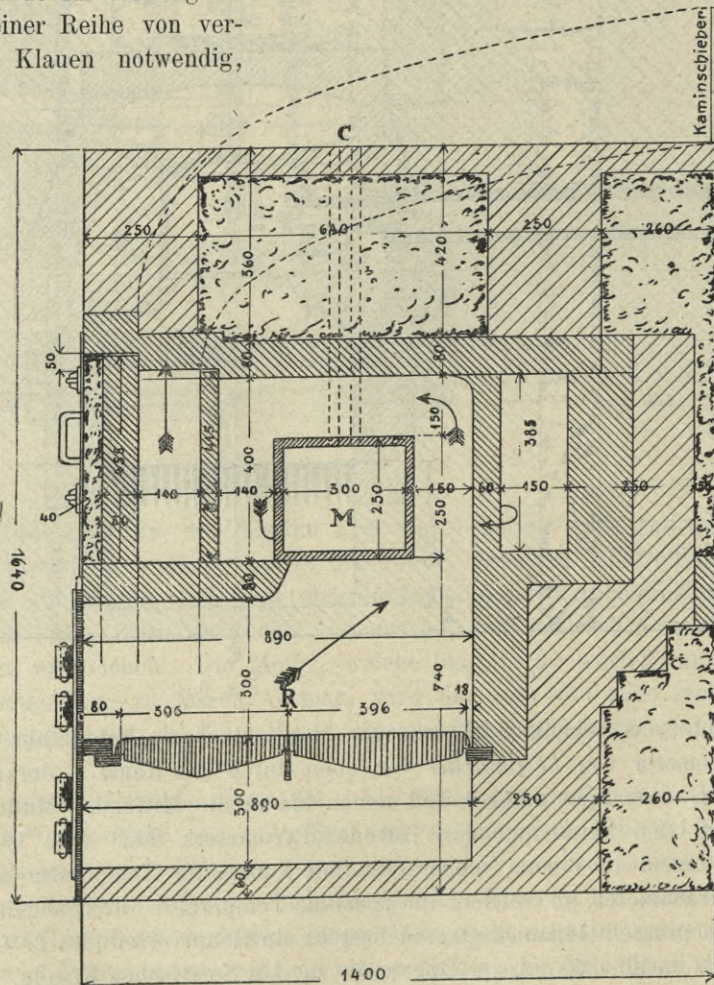
diente das Schauloch *S*; wogegen das mit einem Schutzrohr aus Porzellan umgebene Pyrometer von *Le Chatelier* von oben durch den Kanal *C* derart in den Ofen eingeführt wird, dass sein unterer Teil genau bis in die Mitte der Muffel reichte. Von dem aus dem Ofen herausragenden Teil des Pyrometers führt eine isolierte Kupferdrahtleitung zu einem in einem Nebenraume mit konstanter Temperatur aufgestellten *Siemen'schen* Galvanometer, an welchem die jeweilige Temperatur direkt abgelesen wird. Abgesehen von dem grossen Genauigkeitsgrad besteht ein Hauptvorteil des *Le Chatelier'schen* Pyrometers auch darin, dass es, im Gegensatz zu den *Sege'r'schen* Kegeln, nicht bloss gestattet, die erreichte Maximaltemperatur zu ermitteln, sondern den ganzen Temperaturverlauf bei der Operation des Brennens zu verfolgen. Im vorliegenden Fall lagen überdies die Umstände für die Verwendung dieses im Übrigen etwas zerbrechlichen Instrumentes um so

günstiger, als es, einmal in den Ofen eingebaut, so lange in diesem bleiben kann, bis die Abnützung des Schutzrohrs eine Erneuerung desselben notwendig macht. Da es bei unsern Untersuchungen überdies nur langsam angeheizt wird und nur allmählich wieder abkühlt, so ist auch ein Springen weder des äussern Schutzrohrs, noch der innern zwei Porzellanröhren so leicht nicht zu befürchten.

Von den nach oben beschriebener Weise erzeugten und gebrannten Probekörpern wurden je 6 im trockenen und wassergesättigten Zustand auf Zug- und Druckfestigkeit erprobt. Erstere Versuche wurden auf dem bekannten *Michaëlis'schen* Zerreiapparat, die Druckversuche auf einer *Amsler'schen* 20-Tonnenpresse ausgeführt (siehe I. und V. Heft der Mitteilungen der eidg. Materialprüfungsanstalt). Da zufolge der verschiedenen Schwindung die Probekörper ihre ursprünglichen Abmessungen nicht genau beibehielten, so wurde für die Zugversuche die Anschaffung einer Reihe von verschiedenartig geformten Klauen notwendig,

während andererseits bei den Druckversuchen zur Erzielung einwandfreier Versuchsergebnisse zwei einander gegenüber liegende Flächen der durch das Brennen meist etwas verzogenen würfelförmigen Probekörper, sei es bei härterem Material auf der Diamanthobelmaschine, sei es bei weicheren Sorten auf der rotierenden Gusseisenscheibe einer *Bauschinger'schen* Abnützungsmaschine, vollkommen eben und parallel gehobelt, beziehungsweise abgeschliffen werden mussten. Die Zug-, rep. Druckfestigkeit wird in kg/cm^2 ausgedrückt.

Die durch die 28tägige Wasserlagerung bewirkte Abminderung oder Zunahme der Zug-, beziehungsweise Druckfestigkeit des Materials wurde schliesslich durch



Schnitt C-D.

Fig. 7.

den sogenannten Abminderungscoeffizienten, d. h. den Quotienten aus der mittlern Nass- und Trockenfestigkeit ausgedrückt, nämlich:

p_z = Abminderungscoeffizient für Zugfestigkeit;

p_d = Abminderungscoeffizient für Druckfestigkeit.

Schliesslich wurde noch der mittlere Abminderungscoeffizient

$$p = \frac{1}{2} (p_z + p_d)$$

berechnet.

An Bruchstücken der Probekörper wurde schliesslich noch die Struktur ermittelt, d. h. angegeben, ob dieselbe porös, fein-, mittel- oder grobkörnig, homogen oder nicht homogen sei, d. h. ob sie ein einheitliches Material darstelle oder ob darin nach Form, Korngrösse und Farbe verschiedene Bestandteile erkennbar sind.

Das im Vorstehenden ausführlich entwickelte Untersuchungsprogramm wurde für den ersten Teil der Untersuchung, d. h. für die Tone des *Schweizer Zieglervereins* — im ganzen 445 Proben — einheitlich durchgeführt.

Im Verlauf der Untersuchung zeigte sich indessen, dass dieses Programm einerseits in manchen Punkten sehr wohl vereinfacht werden könnte, da einzelne der ausgeführten Bestimmungen das Arbeitsprogramm stark belasteten, ohne zur Charakterisierung der Tone wesentlich beizutragen; andererseits stellte sich die Notwendigkeit heraus, einzelne der zur Anwendung gelangten Untersuchungsmethoden durch verbesserte Methoden zu ersetzen, da sie den gewünschten Aufschluss über die betreffenden Eigenschaften des Materials nicht oder nur in ungenügendem Maßstab zu geben vermochten. Es seien diese Verhältnisse nachstehend noch näher besprochen:

Abänderungen am ursprünglichen Arbeitsprogramm.

Was die analytischen Methoden betrifft, so ist bereits früher darauf aufmerksam gemacht worden, welche Mängel der Schlämmanalyse anhaften und unter welchen Gesichtspunkten nur ihre Resultate betrachtet werden dürfen. Aber nicht nur die Schlämmanalyse, sondern auch die rationelle Analyse nach *Seger* ergibt, und zwar im besondern hinsichtlich des Gehalts der Tone an Tonsubstanz, Resultate von zweifelhaftem Wert, wenigstens bei den durch die verschiedenartigsten Mineralien stark verunreinigten gewöhnlichen Ziegler- und Töpfertonen, wie sie unserer Untersuchung fast ausschliesslich zu Grunde lagen. Der Hauptübelstand der rationellen Analyse liegt, auf diese Tone angewendet, darin, dass beim Aufschliessen mit konzentrierter Schwefelsäure nicht blos die eigentliche Tonsubstanz in Lösung geht, sondern auch andere mineralische Bestandteile, wie z. B. Glimmer, von der Schwefelsäure ebenfalls mehr oder weniger stark angegriffen und daher zur Tonsubstanz gerechnet werden.

Es kann an dieser Stelle nicht näher auf diese Verhältnisse eingetreten werden, sondern sei auf die einschlägigen Spezial-Untersuchungen des Verfassers verwiesen. *)

Prüfen wir schliesslich die Resultate der chemischen Elementaranalyse auf ihre Genauigkeit und ihren Wert für die technische Beurteilung der Tone, so haben wir allerdings die Genugtuung, dass, sofern die Analyse kunstgerecht ausgeführt wird, sie uns

*) „Zur technischen Analyse der Tone“ von *B. Zschölke*. „Baumaterialienkunde“ No. 10 und 11. Jahrgang 1902.“

einwandfreie Werte liefert. Leider hat aber die Elementaranalyse den einen und grossen Nachteil, dass auch sie uns gerade über denjenigen Bestandteil des Tones, der unser meistes Interesse beansprucht, die plastische Tonsubstanz, ebenfalls keinen sichern Aufschluss zu erteilen vermag. Wohl gibt sie uns in Prozenten mit vollständiger Genauigkeit an, wie viel Kieselsäure, Tonerde, Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat, Eisenoxyd, Gyps etc. in einem Ton vorhanden sind. Unmittelbar verwertbar von diesen Ziffern sind aber bloss diejenigen über den Gehalt an kohlen-saurem Kalk und kohlen-saurer Magnesia. Die andern sind nur von relativem Wert, denn wir können daraus nicht herauslesen, wie viel z. B. von der gefundenen Menge Kieselsäure als solche, d. h. als Quarzsand vorhanden, wie viel an Tonerde gebunden, und ob im letztern Fall diese Verbindung Tonsubstanz oder unverwittertes Muttergestein ist. Eben-sowenig können wir aus der gefundenen Menge Tonerde (Al_2O_3) mit Sicherheit schliessen, wie viel davon an Kieselsäure gebunden als Tonsubstanz vorhanden, wie viel als Feldspath oder Glimmer. Der für SO_3 gefundene Wert sagt uns nicht, wie viel davon an Kalk gebunden in Form von Gyps, wie viel davon auf Rechnung des an Eisen gebundenen Schwefels zu setzen ist. Auch der gefundene Gehalt an Eisenoxyd gestattet uns nicht, ohne weiteres zu sagen, dass das Eisen als solches vorhanden; es kann als Eisenoxydhydrat, vielleicht aber auch als Pyrit, Spatheisen oder Brauneisen vorhanden sein.

Aus all dem soeben und früher Gesagten ist ersichtlich, welch relativ beschränkter Wert sowohl der Schlamm- als der rationellen und Gesamtanalyse zukömmt. Mit Rücksicht auf diese Verhältnisse schien es durchaus angezeigt, bei dem zweiten Teil der Untersuchung einmal auf die chemische Gesamtanalyse als regelmässige Untersuchungsmethode zu verzichten und sie nur noch ausnahmsweise für jene bescheidene Zahl von Tönen, die durch besondere Eigenschaften, wie z. B. hohen Grad von Reinheit, Feuerfestigkeit u. drgl. ein näheres Interesse beanspruchen, beizubehalten. Dies könnte umso unbedenklicher geschehen, als ja alle jene technologischen Eigenschaften, wie Brandfarbe, Feuerfestigkeit, Schwindungsverhältnisse etc., die bis zu einem gewissen Grad aus der chemischen Zusammensetzung der Tone abgeleitet werden können, so wie so an jedem Ton auf direktem Wege ermittelt wurden und andererseits zum Studium der allgemeinen Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und technologischen Eigenschaften der erste Teil der Untersuchung ein hinreichendes statistisches Material bot.

Im Weiteren wurde an Stelle der Schlamm-analyse und der rationellen Analyse nach *Sege*r eine einzige analytische Methode gesetzt, welche die Vorteile beider so viel wie möglich zu vereinigen und ihre Mängel zu verringern sucht. Wir haben diese Methode als kombinierte Analyse bezeichnet, da sie eine petrographische, rationelle und Schlamm-analyse in sich vereinigt. Sie wird in folgender Weise ausgeführt: Eine bei 110° getrocknete Durchschnittsprobe des Tons (50 gr) im Anlieferungszustand wird in einer Porzellanschale zirka $\frac{1}{2}$ Stunde mit H_2O gekocht unter Erneuern des verdampfenden Wassers, darauf 24 Stunden sich selbst überlassen, schliesslich auf das 8570-Maschensieb gebracht und gut ausgewaschen. Das Waschen wird so lange fortgesetzt, bis eine völlig klare Flüssigkeit abläuft. Da die letzten Reste von Tonsubstanz oft sehr hartnäckig an den Sandpartikelchen haften, ist es zweckmässig, den auf dem Sieb verbleibenden Rückstand von Zeit zu Zeit zwischen den Fingerspitzen zu reiben. Was nicht so zu zerkleinern ist, wird in der Reibschale mit einem weichen Kautschukpistill behandelt.

Auf dem Sieb verbleibt ein Rückstand, bestehend aus grobkörnigen, sandigen Bestandteilen (Quarz, Feldspathresten, Carbonaten, Gyps, Pyrit etc.), oft auch mit Pflanzenüberresten vermengt. Er wird auf dem Sieb gut getrocknet, dann auf Glanzpapier geleert, das Sieb gut abgeklopft und auf einem Uhrglas gewogen (*A*). Bevor derselbe weiter behandelt wird, ist er mittelst Lupe oder Mikroskop einer kurzen petrographischen Untersuchung zu unterwerfen, unter gleichzeitiger Angabe der Korngrösseverhältnisse der einzelnen Bestandteile. Der Rückstand wird hierauf auf dem Wasserbad mit verdünnter Salzsäure (1:10) wiederholt und so lange ausgezogen, bis das Filtrat keine Reaktion auf CaO, oder nur noch eine schwach gelbliche Färbung zeigt. Man wäscht gut aus, trocknet und wiegt den Rückstand (*B*). Die Gewichts-differenz *A—B* entspricht dem Gehalt des Tons an grobkörnigen Carbonaten, Gyps und dem grössten Teil des Eisens.

Die Schlämpe, die das 8570-Maschensieb passiert, enthält alle Tonsubstanz, ferner noch Sand, Carbonate, Eisenverbindungen in feinsten Form. Man lässt den Niederschlag sich absetzen (durch Aufkochen der Schlämpe befördert), dekantirt die klare Flüssigkeit ab, dampft den Rest ein, trocknet bei 110° im Trockenkasten und wiegt (*C*). 2—3 gr dieser Substanz werden nun ebenfalls mit verdünnter HCl (1:10) behandelt, bis das Filtrat keine Kalkreaktion mehr zeigt, der Rückstand gewaschen, getrocknet und gewogen (*D*). *C—D* = feinkörnige Carbonate + Eisen. Der Rückstand wird nun nach den Vorschriften für die rationelle Analyse mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt. Man versetzt ihn in einer Schale mit 25 cm³ H₂O und 25 cm³ conc. H₂SO₄, bedeckt mit einem Uhrglas und dampft auf freier Flamme vorsichtig und so lang ein, bis die Schwefelsäure weisse Dämpfe auszustossen beginnt. Hierbei wird die Tonsubstanz (Al₂O₃, 2SiO₂, 2H₂O), eventuell auch noch andere vorhandene Mineralien aufgeschlossen und in SiO₂ und schwefelsaure Tonerde zerlegt. Vorhandener Quarz, sowie Feldspath bleiben dabei unverändert. Die erkaltete Masse wird nun nach dem Verdünnen mit H₂O durch Dekantieren von der Hauptmenge der H₂SO₄ und schwefelsauren Tonerde befreit, darauf zweimal abwechselnd mit Sodalösung (1:20) und HCl (1:10) ausgekocht, um lösliche Kieselsäure und Eisen in Lösung zu bringen; der Rückstand wird auf einem aschenfreien Filter gesammelt, mit verdünnter HCl ausgewaschen, gegläht und gewogen (*E*).

Die gewonnenen Resultate werden wie folgt zusammengestellt:

| | | | | | |
|--|---|---|-----------|---|----------------------------------|
| Grobkörniger Quarzsand und un- | | } | = . . . % | } | = . . . % magernde Bestandteile. |
| wittertes Muttergestein (<i>B</i>) . . | % | | | | |
| Feinkörniger Quarzsand und un- | | } | = . . . % | | |
| wittertes Muttergestein (<i>E</i>) . . | % | | | | |
| Grobkörnige Carbonate von | | } | = . . . % | | |
| CaO, MgO, Eisen, Gyps. (<i>A—B</i>) | % | | | | |
| Feinkörnige Carbonate von | | } | = . . . % | | |
| CaO, MgO, Eisen, Gyps. (<i>C—D</i>) | % | | | | |
| Tonsubstanz | % | | | | |
| Total = | % | | | | |

Wie aus dieser Beschreibung hervorgeht, bezweckt die kombinierte Analyse, die magernden Bestandteile des Tones, die oft in erheblichem Masse von conc. H₂SO₄ angegriffen werden, dieser Behandlung durch vorherige Abscheidung auf dem 8570-Maschensieb

zu entziehen. Diese Abscheidung ist nun allerdings immer noch eine mehr oder minder unvollständige. Ein oft beträchtlicher Teil der magernden Substanzen ist in vielen Tönen, wie schon mehrfach bemerkt, in äusserst feiner Verteilung als sog. „Schluff“ vorhanden, passiert selbst das 8570-Maschensieb und ist je nach seiner petrographischen Zusammensetzung bei der nachherigen Aufschliessung dem mehr oder weniger starken Angriff durch konzentrierte Schwefelsäure ausgesetzt. Immerhin kommen die nach der Methode der kombinierten Analyse gefundenen Ziffern für den Gehalt der Tone an Tonsubstanz, wie aus einer Reihe vergleichender Versuche hervorgeht, der Wirklichkeit bedeutend näher, als die nach der Methode der gewöhnlichen rationellen Analyse gefundenen.

Die Frage einer einwandfreien Bestimmung der Plastizitätsverhältnisse der Tone gehört zu denjenigen, die uns während der ganzen Untersuchung aufs lebhafteste beschäftigte; handelt es sich doch dabei um Ermittlung einer der charakteristischen und wertvollsten Eigenschaften der Tone. Bevor wir uns mit der Beschreibung der schliesslich von uns angenommenen Methode der Plastizitätsbestimmung befassen, müssen wir vorangehend noch der Frage der Normalkonsistenz der Tone, bei der ihre Plastizität bestimmt wird, einige Worte widmen.

An der Art der Ermittlung dieser Konsistenz, mittelst des auf Seite 9 beschriebenen Handkugelverfahrens erschien keine Änderung notwendig, da diese Methode sich als völlig zweckentsprechend erwies, dagegen zeigte es sich, dass das während des ersten Teils der Untersuchung befolgte Verfahren, die Konsistenz auch direkt durch die Eindringungstiefe eines belasteten Pistons zu kontrollieren, keinerlei brauchbare Resultate ergab.

Bei gleicher Konsistenz (Normalkonsistenz), wie sie nach dem Kugelverfahren ermittelt worden, sollten eigentlich auch die Eindringungstiefen des Pistons die nämlichen sein. In Wirklichkeit schwanken sie aber ganz unregelmässig und innert ganz bedeutenden Grenzen, was darauf hindeutet, dass die Methode der Konsistenzermittlung mittelst der Eindringungstiefe eines Pistons nur bei ein und derselben Materialsorte, aber bei verschiedenem Wassergehalt angängig ist. Bei verschiedenartigen Materialien kommen aber eine Reihe störender Momente in Betracht, welche die Eindringungstiefe als nicht allein vom Wassergehalt, sondern von einer Reihe anderer Faktoren abhängig erscheinen lassen, so z. B. von der Grösse und physikalischen Beschaffenheit der einzelnen Körner, sowie bei Tönen im besondern noch von der durch den Wasserzusatz hervorgerufenen Klebrigkeit und Zähigkeit.

Was die Ermittlung der Plastizität anbelangt, so wurde die bei den Untersuchungen für den Schweiz. Zieglerverein in Anwendung gekommene Methode mittelst des Stauchversuches an zylindrischen Probekörpern aufgegeben, da aus einer Statistik von mehreren hundert Versuchen sich keinerlei Gesetzmässigkeit zwischen der faktischen Bildsamkeit und dem Stauchungsmass ableiten liess.

Nicht selten zeigten ausgesprochen magere und sandige Tone eine grössere Stauchungsfähigkeit als notorisch fette und plastische. Diese auffällige Erscheinung hat zwei Ursachen. Das oft höhere Stauchungsvermögen magerer Tone erklärt sich daraus, dass zwischen den einzelnen Körnchen des feuchten Tones sich stets noch Hohlräume

befinden, die davon herrühren, dass die magern Tone grobkörniger sind als die fetten und bei Normalkonsistenz bedeutend weniger Wasser binden als diese. Zu Beginn des Stauchversuchs komprimieren sich nun diese Tone oft erheblich. Die fetten plastischen Tone, welche mehr den Charakter einer Flüssigkeit haben, zeigen diese Merkmale nicht. Wenn solche Tone aber trotz ihrer an und für sich grössern Deformationsfähigkeit beim Stauchen vorzeitig rissig werden, so rührt dies daher, weil diese Tone zufolge ihrer gleichzeitig bedeutenden Klebrigkeit an den beiden Druckplatten der Presse stark adhären, anstatt dass die plastische Masse unter denselben frei weggleitet. Diese Adhäsion wird bei zunehmendem Druck immer stärker und kann selbst bei Verwendung geschliffener und geölter Glasplatten nicht beseitigt werden.

Nach zahlreichen, einlässlichen Studien und Versuchen über diesen Gegenstand*) gelangten wir zum Resultat, dass das, was man gewöhnlich als die Plastizität der Tone bezeichnet, nicht ein einfacher und besonderer physikalischer Begriff ist, sondern sich aus einer Reihe teils schon bekannter Eigenschaften aufbaut. Diese Eigenschaften sind: Hohe Deformationsfähigkeit, Festigkeit und Kittfähigkeit oder Klebrigkeit.

Zu diesen Eigenschaften kommt dann noch eine weitere, mehr theoretisches Interesse beanspruchende, die zuerst von *Rejtö* als eine ganz allgemein allen plastischen Körpern zukommende Grundeigenschaft beschrieben, von uns experimentell für die Tone bestätigt gefunden wurde und deren Wesen darin besteht, dass plastische Tone zu ihrer Deformation eine sich gleich bleibende Kraft benötigen, oder was dasselbe heisst, dass der deformierte Körper im Vergleich zum ursprünglichen in allen Teilen die nämlichen Cohäsionsverhältnisse besitzt.

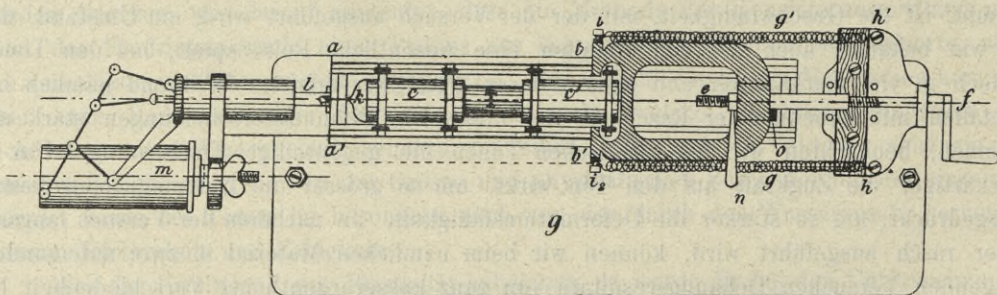
Von den soeben erwähnten Eigenschaften kommen für die praktische Verarbeitung der Tone wohl nur die drei ersten in Betracht. Zweckmässig werden sie, wie unsere vielfachen Versuche ergaben, durch einen Zerreißversuch ermittelt, weil hier die störenden Nebenumstände, die beim Stauchversuch auftreten, vermieden werden. Ein Moment, das beim Zugversuch einen ganz ausserordentlichen Einfluss auf die Versuchsergebnisse ausübt, ist die Geschwindigkeit, mit der der Versuch ausgeführt wird, ein Umstand, der ja wie bekannt, auch bei den Metallen eine wesentliche Rolle spielt, bei den Tonen jedoch in viel markanterer und ganz anderer Weise hervortritt. Während nämlich bei Metallen mit zunehmender Raschheit des Zuges die Dehnungserscheinungen stark abnehmen, beobachten wir bei plastischen Tonen die gegenteilige Erscheinung. Um so ruckartiger die Zugkraft auf den Ton wirkt, um so grösser die Dehnung, oder besser ausgedrückt, um so stärker die Deformationsfähigkeit. Je nachdem der Versuch langsam oder rasch ausgeführt wird, können wir beim nämlichen Material in zwei aufeinanderfolgenden Versuchen Dehnungsergebnisse von ganz ausserordentlicher Verschiedenheit bekommen, wie z. B. aus nachstehendem Beispiel von Ton No. 901 hervorgeht, bei welchem unter ruhig wachsender Belastung die Dehnung bloss 17,4%, unter chocartiger Beanspruchung dagegen 82% betrug (siehe Fig. 8 und 9 auf Seite 26). Zu unsern Zugversuchen mit dem normalkonsistenten Material bedienten wir uns eines nach Angaben des Verfassers von der Firma *Amsler, Laffon & Sohn* konstruierten Apparates, welcher

*) Vergl. „Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale“. Paris 1902. 11. Heft „Recherches sur la plasticité des argiles“ par *B. Zschokke*, sowie „Baumaterialienkunde“ 1902 (Heft 24—26) und 1903 (Heft 1—6).

gestattet, die Zugfestigkeit sowohl bei langsamem als chocartigem Zug, sowie in ersterm Fall auch gleichzeitig die Dehnung zu ermitteln und das Arbeitsdiagramm zu registrieren. Die Konstruktion des Apparates geht aus nachfolgender Fig. 10 hervor.

Auf einer starken Gusseisenplatte *g*, die auf einem soliden Tisch befestigt ist, liegen die beiden unter sich fest verbundenen Führungsschienen *a b* und *a' b'*. Auf diesen Schienen liegt der in den Hülsen *c* und *c'* festgehaltene Tonstrang *T*. Jede der beiden Hülsen ist mit vier Gleitrollen versehen, die auf den Führungsschienen *a b* und *a' b'* derart laufen, dass jede seitliche Verschiebung ausgeschlossen ist. Auf den Führungsschienen gleitet ferner der Schlitten *d* (schraffiert), der mittels der Schraubenspindel *e* durch Drehen an der Kurbel *f* nach Belieben vor- oder rückwärts verschoben werden kann. Bei der Vorwärtsbewegung werden zwei spiralförmig gewundene, auf 10 Kilo kalibrierte Federn *g* und *g'* gespannt, die einerseits an den feststehenden Schrauben *h* und *h'*, andererseits bei *i* und *i'* an dem beweglichen Schlitten befestigt sind. Man bedient sich ihrer bei der ruckartigen Beanspruchung.

Während die Hülse *c* durch den Haken *k* an die Spindel *l* des Indikators angehängt ist, wird Hülse *c'* durch den Schlitten festgehalten. Bei *m* befindet sich die Diagrammtrommel.



Grundriss 1:5.

Fig. 10.

Die Erzeugung der Probekörper geschieht durch eine Vorrichtung, deren Konstruktion aus Figur 11 hervorgeht. (Siehe Seite 27).

An das Cylinderkaliber *a* des Tonschneiders wird ein stählerner Rahmen *b* angeschraubt, der zur Führung der beiden Messinghülsen *c* und *d* dient, welche als Klauen für den Tonstrang dienen. Die Hülse *c* wird durch einen Keil *e* fest gegen *f* gepresst,

No. 901.

No. 901.



$\lambda = 17,4\%$

Fig. 8.



$\lambda = 82\%$

Fig. 9.

Draufsicht.

1:5

Schnitt A-B.

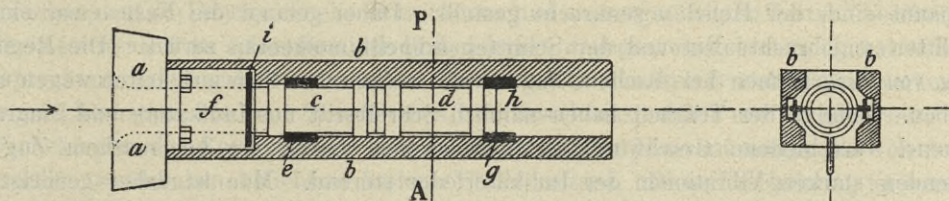


Fig. 11.

die Hülse *d* durch einen Keil *g* gegen die Hülse *c*. Man setzt den Tonschneider in Tätigkeit, bis bei *h* der Ton aus der Hülse *d* austritt. Nun wird der Tonschneider einen Augenblick abgestellt, man nimmt den Keil *g* heraus und setzt den Tonschneider wieder in Gang. Der sich bewegende Tonstrang nimmt die Hülse *d* mit. Nachdem die gewünschte Messlänge (5 cm) erreicht, stellt man den Tonschneider ab, nimmt den Keil *e* heraus, und trennt durch Eintreiben des Schiebers *i* den Tonstrang ab. Um die beiden Hülsen *c* und *d* samt dem dazwischen befindlichen Tonstrang ungefährdet aus dem Rahmen *b* herausnehmen und in den Zerreißapparat einsetzen zu können, bedient man sich des Stückes *S* (Fig. 12). Dieses wird von unten behutsam in den Rahmen *b* gefügt, sodass

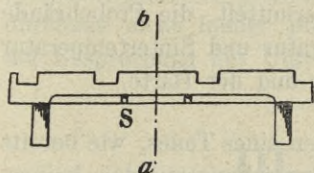


Fig. 12.



die Ringe der Messinghülsen genau in die vier Einschnitte des Stückes *S*, und zwei Dorne, die an den Hülsen befestigt sind, genau in zwei schlitzförmige Einschnitte passen, welche an der Bodenfläche des Stückes *S* angebracht sind. Auf diese Weise wird jede Vor- und Rückwärtsverschiebung, sowie jede Verdrehung der Hülsen verun-

möglicht. Man schiebt nun das Stück *S* samt Hülsen und Tonstrang aus dem Rahmen *b* heraus und fügt beides, wie oben angegeben, in den Zerreißapparat ein. Haben die beiden Hülsen dort ihren richtigen Platz gefunden, so fällt das Stück *S* von selbst aus dem Apparat heraus.

Soll der Probekörper zerrissen werden, dreht man an der Kurbel *f* des Apparates, bringt den Schlitten in die richtige Stellung und hängt den Haken *k* ein. Will man mit langsamem Zug arbeiten, so dreht man die Kurbel im umgekehrten Sinne. Die Federn, die zwar bei dieser Operation gespannt und entspannt werden, treten nicht in Funktion. Man erhält bei diesem Versuch auf der Diagrammtrommel das Diagramm für die geleistete Zugarbeit. Um die bei mageren Tönen oft minimale Dehnung besser zum Ausdruck zu bringen, ist die Einrichtung getroffen, dass dieselbe nach Belieben in natürlicher zwei- oder dreifacher Grösse registriert wird. Bei unserem Apparat ist der Weg der Indikatorfeder nicht eliminiert. Dies ist jedoch praktisch ohne Bedeutung, indem man bloss, nachdem der Weg dieser Feder ein für allemal ermittelt, die Diagramme auf ein schiefes Koordinatensystem zu beziehen braucht, resp. vom ganzen Diagramm den Inhalt des Leerlaufdiagramms in Abzug bringt. Ein solches Diagramm mit schiefer Endordinate hat den nämlichen Flächeninhalt wie das wirkliche Diagramm, das man übrigens auch aus dem registrierten Diagramm konstruieren kann. Will man mit ruckartiger Beanspruchung

arbeiten, so wird, nachdem die beiden Federn durch die Vorwärtsbewegung des Schlittens gespannt sind, der Hebel n senkrecht gestellt. Dabei gelangt die Nase o vor eine im Schlitten angebrachte Nut und der Schlitten schnell momentan zurück. Die Registrierung von Diagrammen bei raschem Zug musste technischer Schwierigkeiten wegen unterbleiben. Zufolge der Trägheit haben nämlich Schreibstift des Indikators und Diagrammtrommel verschiedene Geschwindigkeiten, überdies wirken die bei raschem Zug auftretenden starken Vibrationen der Indikatorfeder störend. Man ist daher genötigt, bei den Versuchen mit raschem Zug sich auf die einfache Registrierung der Zugkraft zu beschränken und die Dehnung nachträglich an den Bruchstücken zu messen. Der Durchmesser der Probekörper betrug 2,52 cm. Dieses Mass entspricht einem Querschnitt von 5 cm², wodurch die Berechnung der Bruchfestigkeit pro cm² vereinfacht wird. Als freie Messlänge innerhalb der Hülsen wurde 5 cm festgesetzt.

Für den zweiten Teil unserer Untersuchung wurden die Plastizitätsverhältnisse der Tone nach oben beschriebenen Verfahren ermittelt und die Zugfestigkeit (β) des normalkonsistenten Materials unter chocartiger Beanspruchung, seine Deformationsfähigkeit (Dehnung) λ in %, sowie der Plastizitätscoefficient $\beta\lambda$ protokolliert.

Die Bestimmung der Schwindungsverhältnisse, der Trockenschwindung sowohl wie der Brandschwindung, erlitt keinerlei Veränderung; doch wurde dieselbe nur an den bei der normalen Brandtemperatur gebrannten Probeziegeln ermittelt, die Probebrände bei einer etwas unter Garbrandtemperatur liegenden Temperatur und Sintertemperatur dagegen weggelassen, ebenso wie die Bestimmung des Klangs und der Härte.

Schmelzbarkeit. Wie wohl das pyrometrische Verhalten eines Tones, wie bereits auf Seite 12 bemerkt, mit der blossen Ermittlung seines Erweichungspunktes keineswegs erschöpfend gekennzeichnet ist, so konnte aus Gründen der Zeit- und Arbeitersparnis auch im zweiten Teil der Untersuchung auf eine umfassende pyrometrische Untersuchung mit jedem einzelnen Ton nicht eingetreten werden; es wurde also auch hier bloss in jedem Fall der Erweichungspunkt ermittelt, der immerhin gestattet, einen Ton hinsichtlich seines pyrometrischen Verhaltens oberflächlich zu charakterisieren. Eingehende pyrometrische Bestimmungen im Sinne der auf Seite 12 entwickelten Gesichtspunkte wurden nach Abschluss der ganzen Untersuchung mit 14 typischen, aus den verschiedenen Tongruppen ausgewählten Vertretern vorgenommen, um die hiebei auftretenden charakteristischen Unterschiede noch näher zu beleuchten. Die Resultate dieser Untersuchungen sind, wie bereits Seite 12 erwähnt, in einer besondern Druckschrift niedergelegt.

Hinsichtlich der Wasseraugkraft des gebrannten Materials wurde im zweiten Teil der Untersuchung auf die Ermittlung der Wasseraufnahme nach 1 und 2 Tagen verzichtet und bloss die Aufnahmefähigkeit nach 28 Tagen bestimmt.

Die Probe auf löschtfähige Körper wurde ganz weggelassen, da sämtliche Materialien vor der Verformung maschinell gepulvert und durch das 144-Maschensieb abgesiebt wurden und bei der so gewonnenen Korngrösse, wie die Erfahrungen aus dem ersten Teil der Untersuchung lehrten, eventuell vorhandene löschtfähige Körper, schädliche Treibungserscheinungen (Risse, Absprengungen und Ablätterungen) nicht mehr hervorzubringen vermögen.

Die Festigkeitsversuche am gebrannten Material wurden im zweiten Teil der Untersuchung auf die Druckversuche im trockenen und wassergesättigten Zustand beschränkt, die Zerreißversuche an achterförmigen Probekörpern dagegen weggelassen, einmal weil die Beanspruchung auf Zug bei keramischen Produkten in der Praxis wohl kaum vorkommt und somit höchstens ein rein theoretisches Interesse beanspruchen dürfte, anderseits weil die Probekörper der Zugfestigkeit sehr oft nicht an der Einschnürungsstelle von 5 cm² Querschnitt, sondern an beliebiger anderer Stelle reißen. Diese Erscheinung ist weniger auf unhomogene Beschaffenheit des Materials, als auf den Umstand zurückzuführen, dass zufolge der in verschiedenen Richtungen sehr ungleichen Dimensionierung der Probekörper in diesen beim Trocknen und Brennen Spannungen auftreten und dass wegen der von Ton zu Ton schwankenden Abmessungen der gebrannten Probekörper, diese den Klauen des Zerreißapparates nicht immer genau anzupassen waren.

Was schliesslich den Gehalt des gebrannten Materials an wasserlöslichen Salzen anbetrifft, so wurde dieser im zweiten Teil der Untersuchung wie für den ersten Teil durchgeführt. Neuere Forschungen haben indessen den Wert dieser Bestimmungen, welche einen Anhaltspunkt für die Neigung des gebrannten Materials zu Ausblühungen bieten sollen, wesentlich abgeschwächt, da heute erwiesen ist, dass der Prozentgehalt eines gebrannten Ziegelmaterials an löslichen Salzen und seine tatsächliche Neigung zu Ausblühungen durchaus nicht immer proportional verlaufen. Auf diese Verhältnisse soll noch später bei Besprechung der Untersuchungsergebnisse näher eingetreten werden.

III. Die Untersuchungsergebnisse.

Die Untersuchungsergebnisse eines jeden einzelnen Tones wurden in Form einer besonders vordruckten Ausfertigung protokolliert und für vorliegende Veröffentlichung nach Kantonen alphabetisch geordnet, tabellarisch zusammengestellt. Mit Rücksicht auf den Umstand, dass zwei verschiedene Prüfungsschemata zur Anwendung gelangten, zerfällt das ganze Tabellenmaterial (siehe Anhang) in zwei Abteilungen A und B, wovon die erste die Tonalager des Zieglervereins, die zweite alle übrigen Tone umfasst.

IV. Besprechung der Untersuchungsergebnisse.

Die in den soeben erwähnten Tabellen zusammengestellten Untersuchungsergebnisse verlangen im Sinn der in der Einleitung vorgebrachten Bemerkungen eine einlässlichere Besprechung, namentlich um die Beziehungen zwischen den einzelnen Eigenschaften der Tone im technischen und wissenschaftlichen Interesse genauer festzustellen. Es sollen demgemäss zunächst die Eigenschaften der ungebrannten Materialien, speziell deren Plastizitätsverhältnisse näher untersucht werden. An diese schliesst sich zweckmässig, weil damit im engsten Zusammenhang stehend, eine Besprechung der Schwindungsverhältnisse an, die uns zu den Eigenschaften des gebrannten Materials hinüberleitet.

An diesem wären sodann zu besprechen die Dichtigkeits- und Gewichtsverhältnisse, sowie die Festigkeitsergebnisse und die löslichen Salze. Den Schluss unserer Betrachtung

tungen sollen die pyrometrischen Eigenschaften der Tone (Erweichungsverhältnisse, Brandfarbe) bilden, welche uns auch gestatten werden, das ganze Untersuchungsmaterial übersichtlich zu ordnen, um so zu einem klaren Bild von dem Besitztum des Landes an den verschiedenen Tonvarietäten zu gelangen.

a) Die Plastizitätsverhältnisse.

Die Ermittlung der Plastizitätsverhältnisse der Tone nach der im Abschnitt II beschriebenen Methode durch Bestimmung der Zugfestigkeit und Deformationsfähigkeit von zylindrischen Probekörpern in Normkonsistenz führte zu recht bemerkenswerten Resultaten. Besonders auffallend sind hierbei die grossen Unterschiede in den Qualitätsziffern der verschiedenen Tone. So wurden konstatiert:

| | Im Minimum | Im Maximum |
|---|---------------|---------------|
| Zugfestigkeit in kg/cm ² | 0 | 2.12 |
| Deformationsfähigkeit in % | 0 | 131,4 |
| Plastizitätskoeffizient | 0 | 182 |

Die Plastizitätsziffern geben uns nicht nur verlässliche Anhaltspunkte für den Grad der Formbarkeit der Tone, sondern auch wichtige Fingerzeige für die Konstruktion der Apparate (Tonschneider), die zur Verarbeitung der Tone im hochplastischen Zustand dienen sollen; denn es ist bekannt, in welchem ausserordentlichem Mass der Kraftbedarf solcher Apparate von der Beschaffenheit, speziell der Zähigkeit der jeweiligen Materialien abhängt.

Natürlich ist es sowohl vom wissenschaftlichen wie technischen Standpunkt aus von grossem Interesse, die Beziehungen zwischen dem auf experimentellem Weg gefundenen Plastizitätsgrad der Tone einerseits und deren chemischer Zusammensetzung, Schwindungsverhältnissen, Wassergehalt in Normkonsistenz etc. andererseits kennen zu lernen. Zu dem Zweck wurden aus sämtlichen untersuchten Tönen (es kommen hierbei nur die Tone des zweiten Teils des Untersuchungsprogramms in Betracht) je 25 mit sehr geringen, andererseits sehr hohen Plastizitätskoeffizienten ausgezogen und im Verein mit oben erwähnten Daten einander gegenüber gestellt (Tabelle I). Betrachten wir in dieser Zusammenstellung die Gruppe der fetten hochplastischen Tone, welche Plastizitätskoeffizienten von 104—182 aufweisen, so finden wir darunter einmal solche (No. 1532, 1534, 1526, 920, 1525), die sich durch einen sehr hohen Gehalt an Tonsubstanz (34,44—52,40%) und einen gleichzeitig niedrigen Gehalt an Quarzsand und unverwittertem Muttergestein auszeichnen. Eine weitere Anzahl von Tönen mit ebenso hohem Plastizitätskoeffizienten (No. 2001, 2002, 2008, 1507, 1514, 1522, 1431, 1413, 905, 908, 909, 914, 916, 1501, 2007, 2015, 921 und 1800) zeichnen sich bei mässigem, teilweise sogar geringem Gehalt an Tonsubstanz (8,20—28,46%) durch einen beträchtlichen Gehalt an Calciumcarbonat (30,16 bis 51,79%) und geringen Gehalt an Quarzsand und Muttergestein aus, wobei zu be-

merken ist, dass der kohlen saure Kalk in allen diesen Tonen in einer kreideartigen Form und überaus feinen Verteilung vorhanden ist. In dieser Form aber erhält er, wie man sich auch durch direkte Versuche überzeugen kann, bis zu einem gewissen Grad ebenfalls plastische Eigenschaften; jedenfalls wirkt er der Plastizität lange nicht in dem Mass entgegen wie Quarzsand, selbst wenn dieser in ebenso feiner Verteilung vorhanden ist, wie der kohlen saure Kalk. Schliesslich finden wir bloss 2 Tone (No. 1539 und 738), die arm an Carbonaten und mit mässigem Tongehalt (28, 44 und 24,90%) ebenfalls sehr hohe Plastizitätskoeffizienten (124, resp. 118) aufweisen.

Betrachten wir anderseits in Tabelle I die Gruppe der magern Tone mit minimalen Plastizitätskoeffizienten, so ist einmal festzustellen, dass ihr Gehalt an Tonsubstanz im allgemeinen wesentlich geringer ist als derjenige der Gruppe der fetten Tone, (im Mittel 16,12% gegenüber 25,59) und das Maximum von 21,07% nicht übersteigt; dementsprechend ist auch der Gehalt an Quarzsand und unverwittertem Muttergestein wesentlich höher als bei den fetten Tonen. Auch der Gehalt an Calciumcarbonat liegt meist bedeutend niedriger als bei diesen, doch finden wir auch in dieser Gruppe 5 Tone, die sich ebenfalls durch hohen Gehalt an kohlen saurem Kalk (37,2—46%) auszeichnen und dabei trotzdem minimale Plastizitätskoeffizienten besitzen. Auffallend sind aber in unserer Zusammenstellung die Tone No. 2008 und 1518, die obwohl fast von der nämlichen chemischen Zusammensetzung, ganz extreme Plastizitätskoeffizienten besitzen, nämlich:

| No. | Plastizitätskoeffizient | Quarzsand + unverwittertes Muttergestein | Carbonate, F ₂ O ₃ etc. | Tonsubstanz | Wassergehalt bei der Verarbeitung | Totalschwundung |
|------|-------------------------|--|---|-------------|-----------------------------------|-----------------|
| 2008 | 144 | 37,35 | 45,40 | 17,12 | 20,82 | 7.3 |
| 1518 | 5 | 38,29 | 45,40 | 16,11 | 18,57 | 2.3 |

Diese zwei besonders drastischen Beispiele, wie auch andere ähnliche, bestätigen nur auf's neue die bekannte Tatsache, dass die Plastizität der Tone durchaus nicht durchwegs ihrem Prozentgehalt an Tonsubstanz proportional, sondern noch durch andere besondere Eigenschaften der Tonsubstanz oder andere Nebenumstände bedingt ist. So ist erwiesen, dass einmal die Grösse der Tonpartikelchen, möglicherweise auch ihre Form, höchst wahrscheinlich aber noch eine besondere physikalische Beschaffenheit derselben, einen wesentlichen Einfluss auf die Plastizität ausüben. Welcher Art diese physikalische Beschaffenheit oder Eigenschaft ist, lässt sich heute noch nicht mit Sicherheit feststellen. Einige neuere Forscher nehmen an, dass es sich hier um die Bildung einer sogenannten colloidalen Lösung zwischen Ton und Wasser handle;*) von anderer Seite**) wird die Ansicht vertreten und durch das *Newton'sche* Attraktionsgesetz zu begründen versucht, dass die Bildsamkeit der Tonsubstanz auf der kugeligen Form der Tonpartikelchen, vor allem aber auf der Bildung eines Gleichgewichtszustandes zwischen diesen und dem An-

*) Vergl.: „The colloid theory of plasticity by Allerton S. Cushmann Ph. D. chemist Road material Laboratory Departement of Agriculture, Washington.“

**) „Die Bildsamkeit der Tone“, v. Ingenieur Lorenz Wolf. „Tonindustriezeitung“ 1906. Seite 574.

machwasser beruhe, und dass dieser Gleichgewichtszustand durch die annähernd gleiche Molekularattraktion der Tonpartikelchen unter sich und zu Wasser bedingt sei, während für andere mineralische Stoffe diese Verhältnisse ungünstiger liegen.

Schliesslich wird geltend gemacht, dass die Plastizität ganz oder teilweise durch gewisse organische, schleimige Beimengungen hervorgerufen werde, die für die Tonpartikel gewissermassen als Schmiermittel dienen. Es kann hier nicht näher auf alle diese Verhältnisse eingetreten werden, sondern es sei bloss noch mit einigen Worten die Frage der colloidalen Lösung etwas näher beleuchtet. Wenn, wie heute vielfach angenommen wird, der durch Wasserzusatz hervorgerufene colloidale Zustand der Tonsubstanz, deren Plastizität, Bindekraft und Schwindungsvermögen bestimmt, sollte es, dem Anschein nach wenigstens, möglich sein, durch Bestimmung einer charakteristischen Eigenschaft, die den colloidalen Substanzen, so auch den Tonen in hohem Mass eigen ist, einen Rückschluss auf vorhin genannte Eigenschaften zu ziehen; es ist dies ihre Eigenschaft, Farbstoffe aus ihren Lösungen begierig anzuziehen und mit ihnen unlösliche Verbindungen, sogen. „Lake“ zu bilden.

Kocht man z. B. eine Probe gewöhnlichen Zieglertons mit einer Lösung von Indigo, Methylenblau, Cochenille oder drgl., so absorbiert der Ton den Farbstoff energisch und zwar so, dass er sich daraus nachträglich durch Kochen mit Wasser in keiner Weise entfernen lässt; ein ganz ähnliches Verhalten zeigt auch die aus ihren Lösungen mit Salzsäure niedergeschlagene gelatinöse, dann ausgewaschene und getrocknete Kieselsäure, während andere Substanzen, wie Quarzsand, gepulverter, frischer Feldspath, aber auch frisch gefällter schwefelsaurer Baryt, kohlenaurer Kalk, selbst frisch gefälltes Eisenoxydhydrat, keine Spur dieser Absorptionskraft zeigen.

Behandelt man z. B. die allerfeinste aus Ton No. 113 abgeschlämmte Tonsubstanz in vorhingenannter Weise mit Methylenblau und untersucht man das entstandene Präparat mit dem Mikroskop, so beobachtet man, dass einzelne Teilchen eine gleichmässig dunkelblaue Färbung angenommen, andere wieder, und es ist die Mehrzahl, bloss hellblau und ungleichmässig gefärbt sind, in der Art, dass die Partikel am Rand eine stärkere, im Innern eine weniger intensive Färbung aufweisen; schliesslich bemerkt man auch ziemlich viel grössere und kleinere Teilchen, die vollständig weiss geblieben sind. Deuten diese Erscheinungen darauf hin, dass in der betreffenden Tonschlämpe die colloidale Beschaffenheit der einzelnen Tonpartikelchen entweder eine sehr verschiedene ist, oder dass das betreffende Schlämmprodukt immer noch sandige, nichtcolloidale Beimengungen, wenn auch in feinsten Verteilung enthält, so ist andererseits genau die nämliche Erscheinung beim Schlämmrückstand des nämlichen Tons zu beobachten. Während man erwarten sollte, dass die relativ ziemlich grobkörnigen Partikel des Schlämmrückstandes, die ein Gemisch verschiedener Mineralien darstellen, aber jedenfalls keine Tonsubstanz mehr enthalten, sich gegen Farbstoffe vollständig inaktiv verhalten, so beobachtet man auch hier alle möglichen Abstufungen von Färbungen von rein weiss bis dunkelblau. Wie erklärt sich nun diese Erscheinung? Dass noch Tonpartikel an den beträchtlich gröbern Gesteinskörnchen des Schlämmrückstandes anhaften, wäre denkbar, ist aber nach dem mikroskopischen Befund ausgeschlossen. Vielmehr ist anzunehmen, dass fragliche gefärbte Gesteinskörner oberflächlich bereits mehr oder weniger chemisch verändert sind, d. h. ein Übergangsstadium von Muttergestein zu Tonsubstanz darstellen. Genau die

nämlichen Beobachtungen wurden an einer Reihe anderer Tone gemacht. Sie alle beweisen, dass zwar mit Hilfe des verschiedenen Farbstoffabsorptionsvermögen die colloidale Aktivität eines Tones bis zu einem gewissen Grad ermittelt werden kann. Ob aber damit auch deren tatsächliche Bildsamkeit proportional verläuft, ist noch eine offene Frage, da ja die grobkörnigen, sandigen Bestandteile eines Tons, die zwar oberflächlich Farbstoff zu absorbieren vermögen, andererseits wieder in magerndem Sinne wirken. Über diese Verhältnisse können nur weitere einlässliche Versuche endgültigen Aufschluss geben.

Vergleichen wir in obigen Tabellen schliesslich die Plastizitätszahlen mit denjenigen der Wasseraufnahmefähigkeit, der Totalschwindung und der Druckfestigkeit, so kann auch in dieser Richtung hin von einer eigentlichen Proportionalität keine Rede sein. Zeigen auch im grossen Ganzen die Tone mit hohen Plastizitätscoeffizienten höhere Ziffern hinsichtlich des Wassergehalts der formgerechten Masse, Schwindung und Festigkeit — am deutlichsten ausgeprägt liegen die Verhältnisse mit Bezug auf letztere — so sind, wenn man bedenkt, dass in die 2 Gruppen der Tabelle I Tone mit ganz extremen Plastizitätscoeffizienten eingestellt wurden, die Unterschiede denn doch nicht sehr prägnant; ja wir finden sogar vereinzelte, sehr auffallende Gegensätze und Ausnahmen. So zeigen z. B. die Tone 1433 und 1515 mit den sehr geringen Plastizitätscoeffizienten 4 und 7 die starken Schwindungen von 11,5 und 10,4%, während andererseits wieder in der Gruppe der fetten Tone die No. 1431 und 1800 mit den Plastizitätscoeffizienten 109 und 137 bloss Schwindungen von 3,8 und 4,7% aufweisen. Ähnliches finden wir bei den Wassergehalten. Während z. B. Ton 1433 bei einem Plastizitätscoeffizienten von nur 4 in Normalkonsistenz einen Wassergehalt von 32,91% besitzt, hat Ton 1539 mit einem Coeffizienten von 124 einen solchen von 18,03%. Relativ die beste Übereinstimmung zeigen die Plastizitätsziffern und diejenigen der Druckfestigkeit; doch finden wir auch hier Unregelmässigkeiten. So besitzen z. B. die Tone No. 1212 und 2009 mit den Plastizitätscoeffizienten 6 und 4 die hohen Festigkeitsziffern von 727, bzw. 952 kg/cm², wogegen wieder die Tone 1431 und 1539 mit den Coeffizienten 109, bzw. 124 nur Druckfestigkeiten von 253, resp. 181 kg/cm² aufwiesen. Der Mangel an gesetzmässigem Zusammenhang zwischen den genannten verschiedenen Eigenschaften tritt aber noch prägnanter auf, wenn wir nicht, wie in Tabelle I, extreme Fälle einander gegenüber stellen, sondern die Plastizitätscoeffizienten für eine grössere Anzahl von Tönen in aufsteigender Reihenfolge mit den zugehörigen Ziffern der kombinierten Analyse, des Wassergehalts, beim Verarbeiten, der Trockenschwindung und der Festigkeitsverhältnisse in graphischer Weise auftragen (Tafel I).

Diese Zusammenstellung zeigt, dass nur zwischen zwei Kurven eine ziemlich deutlich ausgesprochene Proportionalität besteht, nämlich zwischen derjenigen des Wassergehalts und der Trockenschwindung, was auch im Grunde sehr erklärlich ist; in allen übrigen Punkten verlaufen die Kurven ganz sprunghaft und willkürlich; sehr auffallend tritt diese Erscheinung namentlich bei den Kurven der Plastizität und dem Gehalt an Tonsubstanz auf, welche deutlich zeigen, wie verfehlt es wäre, aus letzterem ohne weiteres einen Schluss auf deren Bildsamkeit zu ziehen.

b) Die Schwindungsverhältnisse.

Die Schwindung ist neben der Plastizität eine der besondern Eigentümlichkeiten der Tone. Bei deren Formgebung spielt sie bekanntlich eine sehr wichtige Rolle; denn

zuweilen ist die Trocken- und besonders die Brennschwindung eine so starke, dass die aus fetten und stark schwindenden Tonen hergestellten Tonstücke mehr oder weniger stark deformieren, oder, wenn die Spannungen im Innern des Stücks zu gross werden, sogar rissig werden. In solchen Fällen muss das Material durch Zusätze von geeigneten Materialien entsprechend gemagert werden. Aber auch dann, wenn solche Zusätze nicht nötig sind, ist es unerlässlich, die Schwindungsverhältnisse eines Tones genau zu kennen, denn nach ihrem Wert berechnen sich die Abmessungen der Kaliber und Formen der Tonverformmaschinen mit Bezug auf die Dimensionen des fertigen Stückes. Wir haben bei der Schwindung bekanntlich zu unterscheiden zwischen der Trockenschwindung, d. h. der durch das Austrocknen der formgerechten Masse bedingten Längen-, bezw. Volumenverringernng des Materials und der Brennschwindung, d. h. der durch den Brennprozess hervorgerufenen Volumenänderungen, bezogen auf das Volumen des luft-trockenen Materials. Die Länge-, bezw. die Volumenverringernng des gebrannten Materials bezogen auf das formgerechte Material gibt uns dessen Totalschwindung.

Die Grösse der Schwindung — sowohl Trocken-, wie Brandschwindung — variiert innert ziemlich bedeutenden Grenzen. So wurde für die Trockenschwindung ein Minimum von 2^o/_o und ein Maximum von 13,2^o/_o festgestellt. Bei den Brandschwindungen beobachtet man nicht selten — nämlich in 67 Fällen von 863 — keine Volumenverringernng, sondern sogar eine Vergrössernng, die im Maximum + 2,9^o/_o betrug, wogegen die grösste Brandschwindung mit der Ziffer von 14,5^o/_o erreicht wurde. Das gegenseitige Verhältnis von Trocken- und Brandschwindung ist ein sehr wechselndes. So finden wir zahlreiche Tone mit sehr hoher Trocken- und gleichzeitig sehr niedriger — bis das zehnfache geringerer — Brandschwindung, ferner solche mit gleichzeitig sehr starker oder auch gleichzeitig sehr geringer Trocken- und Brandschwindung; Tone mit grösserer Brenn- als Trockenschwindung finden sich nur wenige, nämlich 36 von 863. Im grossen Ganzen ist die Trockenschwindung eine Funktion der Wasserbindefähigkeit des ungebrannten Materials; je mehr Wasser ein Ton bei Normalkonsistenz zu binden vermag, um so grösser in der Regel seine Trockenschwindung. So zeigen in Tabelle II mit zwei Tongruppen von extremen Trockenschwindungen die fetten Tone mit einer durchschnittlichen Trockenschwindung von 8,9^o/_o eine durchschnittliche Wasserbindekraft von 27^o/_o, die magern Tone dagegen mit 3,9^o/_o Trockenschwindung eine solche von nur 18,5^o/_o. Allerdings gilt auch hier das bekannte Wort: Keine Regel ohne Ausnahme. Zwar zeigen die fetten Tone der Gruppe 1 ausnahmslos auch starke Wasserbindekraft, nicht aber umgekehrt alle magern Tone der Gruppe 2 eine geringe, wie an den Nummern 1813 und 1702 ersichtlich ist. Auch eine graphische Zusammenstellung, umfassend 100 verschiedene Tone mit minimaler bis maximaler Trockenschwindung (Tafel II), geordnet in aufsteigender Reihenfolge, lässt nicht durchwegs eine befriedigende Übereinstimmung zwischen den Kurven der Trockenschwindung und der Wasserbindekraft erkennen, wenn schon im Allgemeinen die Kurve der Wasserbindefähigkeit derjenigen der Trockenschwindung in ihrer aufsteigenden Richtung folgt. Einen noch grössern Mangel an Übereinstimmung und Proportionalität bemerken wir aber in den beiden Gruppen 1 und 2 der Tabelle II, wie auch auf Tafel II zwischen den Ziffern der Trockenschwindung und denen des Gehalts an Tonsubstanz. Wohl zeigen die Tone der Gruppe 1 durchschnittlich wie im einzelnen einen meist höhern Gehalt an Tonsubstanz, als die der Gruppe 2, aber es sind auch

darunter 4 — die Nummern 1599, 1435, 1714 und 1546 —, welche bei den starken Schwindungen von 9,1; 10,0; 9,1; 8,7% überaus geringe Mengen Tonsubstanz enthalten (bloss 12,89—18,06%). Solche Abnormitäten bestätigen daher, was schon im vorhergehenden Abschnitt bei Besprechung der Plastizitätsverhältnisse ausgesprochen wurde, dass diese sowohl wie Wasserbindekraft und Trockenschwindung von Eigenschaften der Tonsubstanz abhängen, die noch nicht genügend erforscht sind. Was im Obigen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Trockenschwindung und Zusammensetzung eines Tons gesagt wurde, gilt auch für die Brandschwindung, nur mit dem Unterschied, dass hier die Verhältnisse noch komplizierter liegen, weil uns sowohl das Verhalten, im besondern die Volumenänderungs- und Sinterungsverhältnisse der einzelnen Mineralkomponenten eines Tones, einzeln sowohl, als auch in Gemengen, bei höhern Temperaturen gar nicht oder nur unvollständig bekannt sind. Genauer bekannt ist uns nur das Verhalten des Quarzes, der durch sein starkes Aufquellen bei höherer Temperatur dem Schwinden von gleichzeitig vorhandener Tonsubstanz unter Umständen so stark entgegen arbeiten kann, dass positive Schwindung, d. h. ein Wachsen statt einer Volumenverminderung des Brennguts stattfindet. Diesem Umstande verdanken auch die 67 in unsern Tabellen angeführten, stark sandigen Tone ihre zum Teil ziemlich starken positiven Brandschwindungen.

c) Die Dichtigkeitsverhältnisse.

Als Maßstab für die Dichtigkeit des gebrannten Materials, von der zu einem grossen Teil seine Wetter- und Frostbeständigkeit abhängen, dienen uns die Zahlenwerte seiner Wasseraufnahmefähigkeit, sowie seiner absoluten und scheinbaren Porosität. Auch diese Ziffern sind, wie bereits früher bemerkt, keine konstanten für ein und denselben Ton, sondern wechseln mit der Mahlfineinheit und der Brandtemperatur innert ganz erheblichen Grenzen. In je feinerer Zerteilung das Material vorliegt, bei je höherer Temperatur es gebrannt wird, um so mehr verdichtet es sich, um so geringer seine Porosität, um so geringer seine Wasseraufnahmefähigkeit. Besonders prägnant tritt diese Erscheinung bei den an Tonsubstanz reichen Materialien hervor. Ein Material, das bis zur Sinterung gebrannt wird, und fast ein jedes kann schliesslich bei genügend hoher Temperatur bis zu diesem Punkt gebrannt werden, nimmt schliesslich gar kein Wasser mehr auf, weil bei der Sinterung eben vollständiger Porenschluss eintritt. Ebenso bekannt ist aber auch, dass man in der Praxis nur bei Tönen von ganz bestimmten Eigenschaften, die Temperatur bis zum völligen Porenschluss des Materials treiben darf, weil in sehr vielen Fällen bei dieser Temperatur, oder auch schon unterhalb derselben, eine beträchtliche Erweichung des Materials und damit eine Deformierung der daraus geformten Gegenstände stattfindet. Meistens tritt auch in diesen Fällen mit eintretender Sinterung eine Verfärbung des Materials in ungünstigem Sinne ein. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wurden unsere Materialien jeweilen bis zur höchst zulässigen Temperatur unterhalb des Sinter- und Deformationspunktes gebrannt. Wenn trotzdem in den Dichtigkeitsverhältnissen zwischen den verschiedenen Tonsorten noch so ausserordentliche Verschiedenheiten bestehen, so können diese zweifelsohne nur in Verschiedenheiten der petrographischen, beziehungsweise chemischen Zusammensetzung des Materials gesucht werden. Überdies spielt auch die Korngrösse der einzelnen Mineralkomponenten bei Beurteilung der Dichtigkeitsverhältnisse eine wesentliche Rolle. Bis zu einem gewissen Grad ist

dieser Einfluss zwar eliminiert worden, weil ja bekanntlich alle Tone vor ihrer Verformung in einer Kugelmühle zerkleinert und das Mahlgut durch das 144-Maschensieb abgeseibt wurde. Doch besitzen viele Tone, und im Besondern ihr Grundbestandteil, die Tonsubstanz, von Natur aus schon einen solchen Grad von Kornfeinheit, wie er durch Trockenmahlung auf mechanischem Weg nie zu erreichen ist. Unsere formgerechten Produkte stellen daher Produkte dar, die innert gewissen Grenzen immer noch beträchtliche Unterschiede in den Korngrößenverhältnissen aufweisen, Verhältnisse, die mittelst des *Schöne'schen* oder eines ähnlichen Schlämapparates wohl festgestellt werden könnten, die aber, um die Arbeit nicht ins Ungemessene auszudehnen, nicht weiter verfolgt wurden.

Wie erheblich die Verschiedenheiten in den Dichtigkeitsverhältnissen bei unserm Versuchsmaterial sind, geht aus nachstehenden Minimal- und Maximalziffern hervor. Es wurden ermittelt:

| | Wassersaugkraft | Absolute Porosität | Scheinbare Porosität |
|----------------------|-----------------|--------------------|----------------------|
| im Minimum | 3,6% | 13 | 9 |
| im Maximum | 46,2% | 58 | 58 |

Um festzustellen, welche chemischen und physikalischen Eigenschaften des rohen wie des gebrannten Materials die Wasseraufnahmefähigkeit des letztern bedingen, sind sowohl aus den 445 Nummern der ersten wie aus den 418 der zweiten Versuchsreihe wiederum je 25 Tone mit maximaler und ebenso viele mit minimaler Saugkraft ausgezogen und den übrigen wichtigsten Eigenschaften, von denen anzunehmen ist, dass sie zur Wassersaugkraft in irgend einer Beziehung stehen, gegenüber gestellt worden (Tabellen III, IV, V, VI). Eine Betrachtung dieser Tabellen ergibt sofort die in die Augen springende Erscheinung, dass die grosse Wassersaugkraft der Tone in den Tabellen III und V, sowie ihre, wenn auch weniger scharf ausgeprägte hohe Porosität, gegenüber derjenigen der Tone in Tabelle IV und VI mit ihrem ausserordentlich hohen Kalkgehalt und gleichzeitig relativ geringem Gehalt an Tonsubstanz in innigem Zusammenhang stehen und umgekehrt, wie aus nachfolgender Zusammenstellung ersichtlich ist:

| Tone der Tabelle | Mittlere Wassersaugkraft | Mittlere Porosität | | CaO | Al ₂ O ₃ | Calcium- und Magnesiumcarbonat, Eisenoxyd etc. | Tonsubstanz |
|------------------|--------------------------|--------------------|------------|-------|--------------------------------|--|-------------|
| | | absolute | scheinbare | | | | |
| III | 38,4% | 53 | 52 | 24,37 | 13,01 | — | — |
| V | 33,0% | 51 | 48 | — | — | 42,79 | 18,84 |
| IV | 7,4% | 20 | 15 | 1,01 | 19,04 | — | — |
| VI | 7,3% | 22 | 16 | — | — | 13,68 | 26,66 |

Demgemäss finden wir auch in den Tabellen III und V mit einer einzigen Ausnahme durchwegs Tone mit hellen Brandfarben, in den Tabellen IV und VI dagegen die roten vertreten. Deutlich geht auch aus den vier Tabellen der Zusammenhang zwischen

Porosität und Schwindung hervor. Während die stark porösen und stark wassersaugenden Tone der Tabellen III und V bloss eine Totalschwindung von 4, 9, bezw. 5,18% aufweisen, beträgt sie bei den dichten und schwach wassersaugenden Tönen der Tabellen IV und VI 13,5, bezw. 10,8%. Die grosse Porosität der stark kalkhaltigen Töne dürfte aber nicht bloss auf das geringe Schwindungsvermögen des Kalks und ihren gleichzeitig geringen Gehalt an Tonsubstanz zurückzuführen sein, sondern auch mit den besondern Vorgängen im Zusammenhang stehen, die sich beim Brennen derartiger Materialien abspielen. Der Kalk ist in diesen Tönen bekanntlich als Calciumcarbonat vorhanden, dessen Kohlensäure beim Brennen ausgetrieben wird. Nun bildet der verbleibende Ätzkalk bei der herrschenden Brandtemperatur zweifellos mit dem Tonerdesilikat ein wasserunlösliches Doppelsilikat, denn sonst müsste er aus dem gebrannten Material nachträglich mit Wasser ausgelaugt werden können, was bekanntlich nicht der Fall ist. Da diese Reaktion sich abspielt, ohne dass das Material hierbei eine Verflüssigung oder nur eine Erweichung und somit eine Verdichtung erleidet, so muss notwendigerweise angenommen werden, dass durch das Austreiben der Kohlensäure ebenfalls äusserst feine Hohlräume entstehen, wodurch die schwammige poröse Struktur dieser Materialien eine weitere Förderung erleidet. Ausser durch einen hohen Kalkgehalt wird die starke Wassersaugfähigkeit vieler Töne aber auch noch durch andere mineralische Beimengungen bedingt, die in vielen Tönen oft in feinsten Form vorhanden sind, aber trotzdem hohe Porosität erzeugen. Das geht deutlich aus Tabelle VII hervor, in welcher 20 Töne zusammengestellt sind, die immer noch eine sehr hohe mittlere Saugfähigkeit besitzen (36,4 bis 25,5%) und dementsprechend die hohen Porositätszahlen von 43—51 aufweisen, dabei aber auffallend arm an Kalk sind; d. h. nur 8,48% CaO enthalten. Die Resultate der Schlämmanalyse geben zur Erklärung dieser Erscheinung nicht genügend Anhaltspunkte. Betrachten wir aber die lufttrockenen wie die gebrannten Probekörper dieser Gruppe von Tönen, so fällt uns ihre mürbe Beschaffenheit sofort in die Augen. Manche unter ihnen haben im ungebranntem Zustande einen eigentümlichen speckigen Glanz, fühlen sich seifig oder fettig an und sind dabei sehr weich, wieder andere sind stark glimmerhaltig. Auf alle Fälle ist deutlich erkennbar, dass wir es hier mit Tönen zu tun haben, welche durch äusserst fein verteilte Trümmer ihres Muttergesteins oder anderer fremder Gesteinsarten stark verunreinigt sind.

Im Weiteren geht aus dem Vergleich der Tabellen III, V und IV, VI hervor, dass die Töne mit grosser Wassersaugkraft und Porosität ganz bedeutend geringere Festigkeiten aufweisen als die mit geringer Wassersaugkraft und hoher Dichtigkeit, nämlich

194 bezw. 372 kg

gegenüber 1298 „ 1379 kg,

eine Erscheinung, die nach dem Gesagten ohne weiteres verständlich ist. Man ist daher auf Grund obiger Resultate zum Schlusse berechtigt, dass hinsichtlich Wassersaugkraft und damit auch zu einem guten Teil hinsichtlich der Wetterbeständigkeit, ferner hinsichtlich der Festigkeitsverhältnisse, die stark kalkhaltigen, sich hellfarbig brennenden Tonsorten im grossen Ganzen hinter den dunkelrot brennenden Varietäten zurückstehen. Diese Schlussfolgerung deckt sich auch mit den Versuchsergebnissen, die Prof. *Tetmajer* seinerzeit bei der Prüfung der Handelsware der schweizerischen Ziegelindustrie erhalten hat.*

*) Mitteilungen der Materialprüfungsanstalt am schweiz. Polytechnikum, I. Heft; Landesausstellungsausgabe 1896.

Ziehen wir aus den damaligen Versuchsergebnissen die entsprechenden Qualitätsziffern der Wasseraugkraft für die hellfarbigen und dunkelfarbigsten Steine gesondert aus, so gelangen wir zu folgenden Ziffern:

| | Hellfarbige Steine N ^o 29—40 der Farbenskala | Dunkelfarbige Steine N ^o 5—24 der Farbenskala |
|-------------------------------|--|---|
| Wasseraugkraft in % | 26,1 Mittel aus 54 Proben | 15,2 Mittel aus 64 Proben |

Diese Eigenschaften der hellfarbigen Tone sind daher wohl eine der Hauptursachen, warum man sich von altersher, abgesehen von ästhetischen Rücksichten, die vielleicht auch mitgespielt haben, zu Bedachungen fast ausschliesslich der roten und nicht der weiszbrennenden Ziegelwaren bedient. Auch die bekannte Tatsache, dass ältere, sonst noch gut erhaltene Dachziegel, gerne wieder zu Neueindeckungen verwendet werden, hat ihre Berechtigung, weil in derartigen Ziegeln die vorhandenen Poren durch Russ, Staub etc. im Laufe der Jahre allmählich verstopft wurden, wodurch ihre Wasserundurchlässigkeit und Wetterbeständigkeit gewinnt.

Mit Feststellung obiger Tatsachen sollen nun keineswegs die hellfarbigen Materialien als überhaupt minderwertig bezeichnet werden, denn ihre höhere Porosität, die im einen Fall als ein Mangel empfunden wird, muss bei einem andern Verwendungszweck als für Bedachungen, gerade als Vorteil bezeichnet werden. Je poröser ein Material ist, umso ein schlechterer Wärme- und Schalleiter ist es. Zu Umfassungsmauern von Wohngebäuden, und zwar insbesondere als Hintermauerungsmaterial, ebenso zu Zwischenwänden, wird man daher einem hellfarbigen, porösen Material vor einem dichten, dunkelbrennenden eher den Vorzug geben.

Werfen wir zum Schluss noch einen Blick auf die Zahlen der absoluten und scheinbaren Porosität, die theoretisch eigentlich denselben Wert haben sollten. In Wirklichkeit fallen jedoch die Zahlen der scheinbaren Porosität gegenüber denjenigen der absoluten in der Regel etwas geringer aus, weil eben trotz 28tägiger Wasserlagerung und trotz der bei dieser Operation beobachteten Vorsichtsmassregel, die Probekörper erst im Verlauf einiger Tage völlig mit Wasser zu bedecken, um der in den Poren eingeschlossenen Luft Gelegenheit zum Entweichen zu geben, die Durchtränkung nie eine absolut vollständige wird.

Bei Durchsicht unserer Proben wird man finden, dass in einigen Fällen die scheinbare Porosität grösser ist als die absolute. Solche Abnormitäten haben ihren Grund in lokalen Strukturfehlern der betreffenden Probekörper, speziell im Vorkommen einzelner grösserer Hohlräume, die mit der eigentlichen Porosität des Scherbens nichts zu tun haben, jedoch natürlich die Wasseraufnahmefähigkeit des Materials erhöhen und dadurch zu unrichtigen Schlüssen führen könnten. In solchen Fällen wird man bloss die Werte der absoluten Porosität beachten. Wieder in andern Fällen beobachtet man, dass die Zahlen der scheinbaren Porosität gegenüber denen der absoluten unverhältnismässig klein sind, wie aus nachstehender Tabelle auf Seite 39 hervorgeht.

| N ^o der Tone | Porosität | | Wassersaug- fähigkeit nach 28 Tagen | Brandfarbe | | Gehalt an Al ₂ O ₃ | Brenn- schwin- dung in ‰ | Total- schwin- dung in ‰ |
|----------------------------|-----------|------------|---|---------------|-----|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Absolute | Scheinbare | | | | | | |
| 289 | 37 | 32 | 18,8 | Hausrot | III | 12,89 | 3,1 | 7,2 |
| 308 | 8,3 | 1,7 | 0,7 | „ | III | 20,31 | 7,6 | 14,8 |
| 532 | 30 | 22 | 11,8 | Fleischfarbig | I | 13,92 | 0,5 | 9,2 |
| 537 | 26 | 16 | 8,2 | Hausrot | III | 12,46 | 4,4 | 13,5 |
| 461 | 39 | 23 | 13,9 | Ziegelrot | III | 18,00 | 4,4 | 13,6 |
| 487 | 29 | 19 | 10,2 | Fleischfarbig | | 22,50 | 4,0 | 8,7 |
| 430 | 17 | 5 | 2,2 | Fleischfarbig | I | 19,78 | 0,2 | 13,4 |
| 223 | 23 | 16 | 7,6 | Hausrot | II | 15,42 | 7,4 | 15,0 |
| 187a | 17 | 9 | 3,9 | „ | I | 21,37 | 4,3 | 14,7 |
| 192 | 22 | 15 | 7,3 | „ | II | 16,74 | 4,1 | 12,0 |
| 198 | 18 | 9 | 4,1 | „ | II | 26,37 | 6,4 | 14,5 |
| 499 | 15 | 10 | 4,5 | Ziegelrot | II | 18,91 | 7,7 | 15,9 |
| | | | | | | Ton-Substanz | | |
| 807 | 29 | 19 | 9,9 | Hausrot | III | 35,70 | 2,2 | 9,4 |
| 822 | 27 | 19 | 10,1 | „ | III | 21,32 | 4,9 | 13,9 |
| 823 | 26 | 16 | 8,2 | „ | III | 23,47 | 3,3 | 10,0 |
| 1597 | 21 | 6 | 2,8 | „ | III | 10,61 | 0,6 | 12,3 |
| 1599 | 13 | 9 | 3,6 | „ | III | 12,89 | 5,7 | 14,3 |
| 915 | 24 | 19 | 9,4 | „ | III | 16,40 | 3,7 | 12,2 |
| 1576 | 26 | 14 | 7,4 | „ | III | 26,17 | 4,0 | 11,5 |
| 1731 | 16 | 2 | 0,7 | Ziegelrot | II | 30,80 | 5,5 | 14,2 |
| 1557 | 20 | 6 | 2,7 | „ | II | 31,35 | 0,1 | 10,6 |

Wie man sieht, sind alle diese Tone durch rote Brandfarbe, sehr starke Schwindungen und auffallend geringe Wassersaugkraft gekennzeichnet. Letzterer Umstand insbesondere gibt denn auch die Erklärung für erwähntes Missverhältnis zwischen absoluter und scheinbarer Porosität. Alle diese Tone stehen an der Grenze der zulässigen Brandtemperatur; ihre Oberfläche hat im letzten Stadium des Brandes bereits eine beträchtliche Verdichtung erlitten (Brennhaut), während der Kern noch eine stärkere Porosität besass. Dadurch wurde die Wassersaugkraft der ganzen Probekörper herabgemindert, während die der innern Partien, aus denen die Proben zur Bestimmung des Raumgewichts entnommen wurden, noch ziemlich bedeutend war. In allen solchen Fällen, wo zwischen absoluter und scheinbarer Porosität erhebliche Unterschiede bestehen, werden also ebenfalls die Zahlen der erstern die zuverlässigern Anhaltspunkte über die tatsächlichen Porositätsverhältnisse der betreffenden Materialien geben.

d) Die Gewichtsverhältnisse.

Die Frage des spec. Gewichts und des Raumgewichts des gebrannten Materials spielt bei der Beurteilung der Tone nur eine sekundäre Rolle, das Raumgewicht etwa dann, wenn es sich um den Transport von grossen Mengen gebrannter Steine auf grosse Entfernungen handelt. Als Maximum für das spec. Gewicht wurde gefunden 3,18, als Minimum 2,33, als oberste Grenze für das Raumgewicht 2,38, als unterste 1,25. Immerhin bot es ein Interesse, an je zwei extremen Gruppen von Tonen mit sehr hohem und sehr niedrigen spezifischen und Raumgewichten die Beziehungen dieser beiden Eigenschaften gegeneinander, sowie zu den übrigen wichtigsten Eigenschaften der Tone kennen zu lernen. Es wurden dazu die Tone der zweiten Versuchserie bestimmt. Die Höhe des spec. Gewichts hängt natürlich lediglich von der chemischen, bzw. petrographischen Zusammensetzung des Materials ab, und zwar geht aus Tabelle VIII mit Tonen von maximalem spec. Gewicht (Mittel 2,96) hervor, dass diese Tone durchwegs den stark kalkhaltigen, tonarmen, sich hellfarbig brennenden Varietäten angehören, wogegen die Tone der Tabelle IX mit geringen spec. Gewichten (Mittel 2,64) in die Klasse der kalkarmen, tonreichen und rotbrennenden Vorkommen gehören. Diesem Befund entsprechen auch in beiden Tabellen die Qualitätsziffern der Schwindung, Wasseraufnahmefähigkeit, Porosität und Festigkeit.

Da nun aber, wie wir früher gesehen haben, die stark kalkhaltigen Tone alle sehr porös sind, so muss notwendigerweise das Raumgewicht dieser Tone gegenüber ihrem spec. Gewicht erheblich geringer sein. Es beträgt denn auch in der Tat in Tabelle XII bloss durchschnittlich 1,58, liegt also um 1,38 unter dem spec. Gewicht und noch um 0,32 unter dem Raumgewicht von 1,90 der Tone der Tabelle IX. Bei den Tonen der Tabelle IX, die reich an Tonsubstanz sind und somit hohe Schwindung und geringe Porosität besitzen, wird der Unterschied zwischen spec. Gewicht und Raumgewicht naturgemäss geringer ausfallen; er beträgt nämlich $2,64 - 1,90 = 0,74$, das Raumgewicht liegt also bloss um 28% unter dem spec. Gewicht und stellt sich dabei absolut wesentlich höher als bei den Tonen der Tabelle VIII.

Ziehen wir andererseits aus den Tonen der Serie B je 25 Nummern mit maximalen und minimalen Raumgewichten aus (Tabellen X und XI) und stellen wir diese Ziffern den übrigen wichtigsten Daten gegenüber, so werden die Ergebnisse der vorherigen Betrachtung über die spec. Gewichte in umgekehrter und noch deutlicherer Weise bestätigt. So sehen wir, dass die Tone der Tabelle X mit einem mittlern Raumgewicht von 2,15 durchwegs den rotbrennenden, tonreichen (27,87% Tonsubstanz) Varietäten angehören; sie zeigen dementsprechend starke Schwindungen (Mittel 12,0%), geringe Wasseraugkraft (Mittel 6,69%) und Porosität (20, bzw. 14) und hohe Druckfestigkeit (1434 kg/cm²) wogegen die Tone der Tabelle XI mit einem mittleren Raumgewicht von 1,44 durchwegs den stark kalkhaltigen, sich weisslich brennenden, tonarmen Sorten angehören (Tonsubstanz 18,85%); sie zeigen dementsprechend sehr geringe Schwindung (Brandschwindung sogar positiv + 0,1, Totalschwindung 5,1%), starke Wasseraugkraft (33,65%) und Porosität (51, resp. 47) und geringe Druckfestigkeit (332 kg/cm²).

e) Die Festigkeitsverhältnisse.

Bei Betrachtung der Resultate der Festigkeitsproben, über deren Ermittlung bereits auf Seite 20 das Nötige gesagt worden, muss neuerdings betont werden, dass die

für jeden einzelnen Ton ermittelten Ziffern der Druckfestigkeit nicht ohne weiteres als unveränderliche Constanten für das betreffende Material betrachtet werden dürfen, etwa wie die Ziffern der Druckfestigkeiten der natürlichen Gesteine; denn je nach der mehr oder minder sorgfältigen Aufbereitung der Rohmaterialien, der Art der Formgebung und der Höhe der Brandtemperatur kann man mit ein und demselben Material zu sehr verschiedenen Festigkeitsziffern gelangen. Ein Überwintern, längeres Einsumpfen oder Maucken, weitgehende Zerkleinerung und Homogenisierung der Rohmaterialien, schliesslich ein scharfer Brand wirken in ausserordentlich günstiger Weise auf die Höhe der Festigkeitsziffern ein.

Insbesondere steigt die Druckfestigkeit vom Augenblick an, wo das Material in Sinterung überzugehen beginnt, in ausserordentlichem Masse. Die in unsern Tabellen figurierenden Ziffern der Druckfestigkeit gelten daher nur für die ganz bestimmten Bedingungen, unter denen das betreffende Material aufbereitet, verformt und gebrannt wurde. Diese Bedingungen waren bei unsern Untersuchungen, wie bereits früher erwähnt, die folgenden:

- a) Trocknen des grubenfeuchten Materials bei 110–120°.
- b) Pulverisieren desselben in der Kugelmühle.
- c) Absieben durch das 144-Maschensieb, Einsumpfen des Siebguts während 3 Wochen.
- d) Verarbeitung des Tons in Normalkonsistenz auf würfelförmige Probekörper mittelst des Tonschneiders.
- e) Brennen bei der höchst zulässigen Temperatur unterhalb der Sintergrenze (Garbrandtemperatur).

Da diese Bedingungen für alle untersuchten Materialien gleichmässig eingehalten wurden, so können die beobachteten, ganz beträchtlichen Unterschiede in den Festigkeitsziffern offenbar nur auf Verschiedenheiten in den chemischen und physikalischen Eigenschaften, bzw. der petrographischen Zusammensetzung der Tone zurückgeführt werden. Gleich wie bei den Porositätsverhältnissen spielen auch hier noch die Korngrösseverhältnisse trotz der vorangängigen Zerkleinerung des Materials aus den nämlichen, bereits dort erörterten Gründen, noch eine wesentliche Rolle. Innert welcher ausserordentlichen Grenzen bei unserm Versuchsmaterial die Festigkeitsverhältnisse schwanken, geht aus nachstehender tabellarischer Übersicht der Festigkeitsziffern sämtlicher untersuchten Tone hervor:

Es zeigten eine

| Druckfestigkeit in kg/cm ² | Anzahl der Tone | Druckfestigkeit in kg/cm ² | Anzahl der Tone | Druckfestigkeit in kg/cm ² | Anzahl der Tone |
|--|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
| von 1–100 | 15 | von 901–1000 | 56 | „ 1801–1900 | 1 |
| „ 101–200 | 38 | „ 1001–1100 | 30 | „ 1901–2000 | 4 |
| „ 201–300 | 72 | „ 1101–1200 | 31 | „ 2001–2100 | 0 |
| „ 301–400 | 78 | „ 1201–1300 | 23 | „ 2101–2200 | 1 |
| „ 401–500 | 78 | „ 1301–1400 | 14 | „ 2201–2300 | 2 |
| „ 501–600 | 95 | „ 1401–1500 | 12 | „ 2301–2400 | 1 |
| „ 601–700 | 83 | „ 1501–1600 | 9 | Druckfestigkeit nicht geprüft bei | 21 |
| „ 701–800 | 89 | „ 1601–1700 | 10 | | |
| „ 801–900 | 98 | von 1701–1800 | 2 | Total | 863 |

Aus unserer Hauptzusammenstellung ist im weitem ersichtlich, dass die minimale konstatierte Festigkeit 50 kg/cm^2 , die maximale 2334 kg/cm^2 beträgt.

Um nachzuweisen, in welcher Weise diese ausserordentlichen Unterschiede mit der Zusammensetzung des Materials und seinen sonstigen Eigenschaften zusammenhängen, wurden aus sämtlichen Tönen der Serie II 100 Nummern mit von unten nach oben allmählich aufsteigenden Festigkeitsziffern ausgezogen und diese Zahlen mit den entsprechenden Werten der chemischen Zusammensetzung, den Plastizitätskoeffizienten, sowie den Schwindungs- und Porositätsverhältnissen in graphischer Weise aufgetragen (Tafel III). Um die einschlägigen Verhältnisse noch deutlicher hervortreten zu lassen, wurden überdies aus jeder der beiden Untersuchungsreihen je 25 Töne mit maximalen und minimalen Festigkeitsziffern ausgewählt und den übrigen wichtigsten Versuchsergebnissen gegenübergestellt (Tabellen XII, XIII, XIV, XV). Betrachten wir vorerst die graphische Zusammenstellung, so bemerken wir zwischen den Kurven der Festigkeitsziffern und denjenigen der chemischen Zusammensetzung nur einen sehr undeutlich ausgeprägten Zusammenhang, wogegen sowohl ein Blick auf die Tabellen XIV und XV, als namentlich auch XII und XIII, und zwar insbesondere der Vergleich der Festigkeitsziffern mit denen der kombinierten, beziehungsweise Schlämmanalyse, mit aller Deutlichkeit darauf hinweist, dass die Cohäsion des gebrannten Materials im Allgemeinen mit wachsendem Gehalt an Tonsubstanz steigt und dass andererseits die magernden Bestandteile, und zwar sowohl Quarzsand und unverwittertes Muttergestein, wie auch Calciumcarbonat die Festigkeit in hohem Masse herabmindern, wie wohl diese drei Bestandteile zufolge des vorangängigen, weitgehenden Zerkleinerungsprozesses in den Probekörpern der Druckfestigkeit in sehr feiner Verteilung vorhanden sind. So sehen wir, dass in Tabelle XIV die Töne mit geringer Druckfestigkeit (164 kg/cm^2) durchschnittlich bloss $16,83\%$ Tonsubstanz enthalten, dagegen in Tabelle XV, bei 1351 kg/cm^2 mittlerer Druckfestigkeit $32,57\%$; ebenso entspricht in Tabelle XII einer Festigkeit von $109,3 \text{ kg}$ ein Tongehalt von $49,68\%$ (ermittelt nach der gewöhnlichen Schlämmanalyse) und in Tabelle XIII einer Festigkeit von $1561,8 \text{ kg}$ ein solcher von $85,65\%$. Zweifellos hat auch wieder die petrographische Beschaffenheit der einzelnen Magerungsbestandteile auf die Festigkeitsziffern einen besondern Einfluss und es ist jedenfalls nicht gleichgültig, ob das Magerungsmittel in Form von Feldspath, Quarzsand, Calciumcarbonat oder Glimmer vorhanden ist. Bestimmte Anhaltspunkte über die Wirkungsweise dieser einzelnen Körper lassen sich jedoch so lang nicht geben, als es nicht möglich ist, die Töne nach ihrer petrographischen Zusammenstellung quantitativ genau zu analysieren.

Die im Vorstehenden gezogenen Schlussfolgerungen über den Einfluss der Tonsubstanz und Magerungsmittel auf die Festigkeitsergebnisse gelten aber durchaus nicht ohne jede Einschränkung, im Gegenteil begegnen wir unter unserm Versuchsmaterial zahlreichen Tönen, die bei hohem Gehalt an Tonsubstanz nur mässige Festigkeitsziffern ausweisen und umgekehrt. So finden wir beispielsweise gerade in Tabelle XIV die Nummern 1528, 1539 und 638, die bei den sehr hohen Gehalten an Tonsubstanz von $26,92$; $28,44$; und $32,15\%$, bloss Druckfestigkeiten von 189 , 181 und 134 kg ausweisen; die nämliche Erscheinung finden wir bei den ausserordentlich tonreichen, aber auch gleichzeitig sehr stark eisenhaltigen Tonsorten (Bolus) der Bohnerzformation, denen wir sowohl im Berner Jura (z. B. No. 1532, 1543, 1534) als namentlich auch im Kanton

Schaffhausen in grösserm Umfang begegnen (No. 247, 254, 250, 251, 252, 267, 269, 248, 249, 268, 226, 226A), und deren Festigkeitswerte teils als mittlere, teils als sehr geringe zu bezeichnen sind. Diese auffällige Erscheinung kann sowohl auf den aussergewöhnlich hohen Gehalt dieser Tone an Eisen (bis 18% F_2O_3) als auch auf eine besondere physikalische Beschaffenheit der Tonsubstanz zurückgeführt werden, denn es ist ja eine bekannte Erscheinung, dass viele und sogar sehr reine Tonvarietäten mit Wasser angemacht zu einer festen, hornartigen Masse eintrocknen und beim Brennen, selbst unterhalb der Sintergrenze, sich noch mehr verdichten, während wieder andere ebenso reine Tonsorten, mit kaolinartigem Charakter, beim Brennen ein poröses, bröckeliges Produkt ergeben. Welch grossen Einfluss die spezifisch kittende Beschaffenheit mancher Tone auf ihre Festigkeitseigenschaften hat, geht aus den Beispielen No. 1401, 720 und 1105 der Tabelle XV hervor, welche bei dem auffallend geringen Gehalt an Tonsubstanz von 14,46; 11,76; 13,54% dennoch die sehr hohen Festigkeiten von 1159; 1218, und 1128 kg/cm^2 besitzen.

Aus vorliegenden Betrachtungen geht also hervor, dass zwar im grossen ganzen die Druckfestigkeit des gebrannten Materials mit zunehmendem Gehalt an Tonsubstanz steigt, dass aber hiebei nicht nur die Menge, sondern auch besondere molekulare Eigenschaften der Tonsubstanz, welche dieser eine mehr oder minder hohe Kittfähigkeit erteilen, ebenfalls wieder eine wesentliche Rolle spielen.

Von Interesse ist es, die Druckfestigkeit auch mit einer Reihe anderer Eigenschaften der Tone zu vergleichen, von denen anzunehmen ist, dass sie untereinander in einem gewissen Zusammenhang stehen, nämlich mit den Plastizitäts-, Schwindungs- und Porositätsverhältnissen. Ein Blick auf die graphische Darstellung auf Tafel III belehrt uns, dass auch hier ganz anormale Erscheinungen auftreten und von einer Proportionalität nicht gesprochen werden kann. So weisen z. B. die Tone 1717, 1501, 1522, 1539, 1606 bei geringen bis mittlern Festigkeitsziffern sehr hohe Plastizitätskoeffizienten aus. Da die ersten vier Beispiele neben einem teils beträchtlichen Gehalt an Tonsubstanz gleichzeitig einen ausserordentlich hohen Gehalt an äusserst fein verteiltem, kreideartigem Calciumcarbonat aufweisen, so wird auch hier die sonst vielfach gemachte Beobachtung bestätigt, dass dem Calciumcarbonat in dieser Form ebenfalls bedeutende plastische Eigenschaften zukommen. Im allgemeinen geht jedoch aus den Tabellen XIV und XV mit Tönen von extremer Druckfestigkeit hervor, dass Tone mit hohen Druckfestigkeiten in der Regel auch hohe Plastizitätskoeffizienten besitzen und umgekehrt.

Vergleichen wir weiter auf unserer graphischen Übersicht den Zusammenhang von Druckfestigkeit und Schwindung, so ist auch hier eine strenge Proportionalität nicht zu konstatieren. Die drei Kurven der Trocken-, Brand- und Totalschwindung zeigen zwar im Vergleich mit der Kurve der Druckfestigkeit ebenfalls eine ansteigende Tendenz, obgleich auch hier starke Abweichungen vorkommen. Am günstigsten stellen sich zweifelsohne die Verhältnisse bei der Porosität. Betrachten wir den Verlauf der Kurve der absoluten Porosität im Vergleich mit der Kurve der Druckfestigkeit, so finden wir hier von allen Kurven und zwar in umgekehrt proportionalem Sinne, den verhältnismässig gleichmässigsten Verlauf. Diese übrigens keineswegs neue Tatsache kann auch nicht überraschen, während, wie die Versuche beweisen, es nicht unbedingt notwendig ist, dass die Cohäsionsverhältnisse eines Materials mit Plastizität und Schwindung in unmittelbarem Zusammenhang stehen.

Bei unsern weitem Betrachtungen der Festigkeitsresultate müssen sodann vor Allem die teilweisen sehr hohen absoluten Werte überraschen, welche die Druckfestigkeiten, die man sonst beim Backsteinmaterial des Handels anzutreffen gewohnt ist, zum Teil weit übertreffen. So ermittelte *Tetmajer* seinerzeit für die verschiedenen an der Landesausstellung in Genf im Jahre 1896 ausgestellten Backsteinsorten einheimischer Provenienz folgende Ziffern:

| Gattung | Anzahl der untersuchten Sorten | Druckfestigkeit in kg/cm ² | | |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------|--------|
| | | Minimum | Maximum | Mittel |
| Handstrichsteine | 39 | 36 | 311 | 174 |
| Maschinenvollsteine | 32 | 128 | 487 | 278 |
| Nachgepresste Vollsteine | 4 | 235 | 294 | 383 |
| Lochsteine | 64 | 106 | 582 | 278 |
| Hohlsteine | 35 | 21 | 437 | 124 |

Vergleichen wir mit diesen Zahlen die Festigkeitsresultate unserer Untersuchung, so sehen wir sofort, dass letztere die Zahlen obiger Tabelle im allgemeinen wesentlich übersteigen, denn von 842 untersuchten Tonen ergaben nicht weniger als 717 eine Druckfestigkeit von mehr als 300 kg/cm². Diese denn doch auffällige Erscheinung muss verschiedenen Ursachen zugeschrieben werden. Einmal war es naheliegend, sie mit der verschiedenen Grösse der Versuchskörper, wie sie beiden Untersuchungen zu Grunde lagen, in Zusammenhang zu bringen; denn bei der Prüfung der Handelsware wurde die Druckfestigkeit an Würfeln von 12 cm Kantenlänge ermittelt, in der bekannten Weise dadurch hergestellt, dass die Normalsteine halbiert und die beiden Hälften mittelst eines dünnen Zementmörtelbandes zu einem würfelförmigen Probekörper verkittet wurden, während bei vorliegenden Untersuchungen, wie bereits erwähnt, würfelförmige Druckkörper von 5 cm Kantenlänge zur Verwendung gelangten.

Um über den Einfluss der Grösse der Probekörper auf die Festigkeitsresultate volle Klarheit zu gewinnen, schien es angezeigt, einige aufklärende Versuche vorzunehmen.

Dank dem Entgegenkommen der Direktion der *Mech. Backsteinfabrik Zürich* wurde es uns ermöglicht, aus einer Kammer des Ringofens genannter Fabrik 50 Stück frisch gebrannte Vollsteine zu entnehmen und zwar alle von der nämlichen Stelle, so dass nur Steine von ganz genau gleich scharfem Brand zur Untersuchung gelangten. 15 Stück dieser Steine wurden nun in der üblichen Weise mittelst Steinsäge halbiert, sorgfältig appretiert und daraus in der oben angegebenen Weise Würfel von 12 cm Kantenlänge hergestellt, aus 15 andern würfelförmige Probekörper von 5 cm Kantenlänge herausgeschnitten. Das Bruchgefüge sämtlicher Steine — eines weisslich-gelben, stark kalkhaltigen Materials — war ein durchweg gleichmässig dichtes. Nach vollständigem Erhärten des Zementbandes der Probekörper der ersten Versuchsreihe und längerem Trocknen der Versuchskörper beider Reihen bei 120° wurden 30 Stück auf der *Amsler'schen* Presse zerdrückt.

Nachstehend die gewonnenen Resultate:

| N ^o | Würfel von 5 cm Kantenlänge Druckfestigkeit in kg/cm ² | N ^o | Würfel von 12 cm Kantenlänge Druckfestigkeit in kg/cm ² |
|--------------------------------|--|--------------------------------|---|
| 1 | 290 | 1 | 167 |
| 2 | 300 | 2 | 167 |
| 3 | 308 | 3 | 254 |
| 4 | 360 | 4 | 262 |
| 5 | 378 | 5 | 275 |
| 6 | 404 | 6 | 280 |
| 7 | 404 | 7 | 286 |
| 8 | 408 | 8 | 294 |
| 9 | 416 | 9 | 300 |
| 10 | 420 | 10 | 304 |
| 11 | 452 | 11 | 311 |
| 12 | 464 | 12 | 332 |
| 13 | 506 | 13 | 337 |
| 14 | 536 | 14 | 350 |
| 15 | 547 | 15 | 366 |
| Summa: 6193 | | Summa: 4285 | |
| Mittel: 413 kg/cm ² | | Mittel: 285 kg/cm ² | |

Aus den Zahlen dieser beiden Tabellen, wie auch aus einer graphischen Darstellung (Fig. 13) geht nun hervor, dass die Grösse der Versuchskörper in der Tat einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Festigkeitsresultate ausübt. Wir sehen, dass die Probekörper der ersten Versuchsreihe (Würfel von 5 cm Kantenlänge) eine mittlere Festigkeit von 413 kg/cm², die der zweiten dagegen (Würfel von 12 cm Kantenlänge) bloss eine solche von 285 kg ausweisen, somit zwischen beiden ein Unterschied von 31% besteht. Wenn nun diese Tatsache auch zu einem guten Teil die bedeutenden Unterschiede in den Festigkeitsresultaten der Handelsware und unsern Laboratoriumsproben erklärt, so spielen hier jedenfalls doch noch eine Reihe weiterer Umstände mit. So haben bei unsern Untersuchungen sämtliche Tone durch eine weitgehende Zerkleinerung in der Kugelmühle, nachheriges Absieben und darauffolgendes 3—4wöchentliches Einsumpfen eine äusserst sorgfältige Aufbereitung erfahren, wie sie in dieser Gründlichkeit wohl bei keinem Fabrikbetrieb für Backsteinfabrikation durchgeführt wird. Zweitens sind die im Versuchsofen der Materialprüfungsanstalt erzeugten Probekörper bis an die äusserst zulässige Grenze, d. h. voraussichtlich etwas schärfer gebrannt worden als die Handelsware. Schliesslich

darf nicht übersehen werden, dass die in der Materialprüfungsanstalt mit jeder einzelnen Varietäten erzeugten Versuchskörper durchwegs ohne jeden Zusatz hergestellt wurden, also auch ohne Rücksicht auf die bei den sehr fetten, meist dunkelfarbigem Varietäten oft auftretenden Begleiterscheinungen, wie Verziehungen, Schwindrisse etc.; gerade diese Varietäten zeigen aber zufolge der sehr starken Verdichtung des Materials meist sehr hohe Festigkeitsziffern. In der Praxis freilich können solche Tone mit Rücksicht auf genannte Erscheinungen nicht ohne magernde Zusätze gebrannt werden, wodurch dann aber andererseits wieder ihre Festigkeitseigenschaften herabgemindert werden. Zu den gewöhnlichen Zwecken des Hoch- und Tiefbaus genügen allerdings Steine mit Druckfestigkeiten von 300—400 kg/cm² vollauf. Die Vorteile eines Materials mit über 1000 kg/cm² Druckfestigkeit kommen nur in ganz besonderen Fällen, z. B. bei Pflaster- und Bodenbelegmaterial in Betracht.

Eine etwas auffällige Erscheinung in unsern Festigkeitsresultaten sind die zum Teil ausserordentlich starken Abweichungen, welche sehr häufig die mit jedem Ton vorgenommenen sechs Einzelbestimmungen der Druckfestigkeit untereinander zeigen. Eine einlässliche Prüfung dieser Ziffern hat ergeben, dass bei der nämlichen Materialsorte der Unterschied zwischen dem Minimal- und Maximalwert der Druckfestigkeit unter Umständen 50, 100, ja sogar 200—300% betragen kann, wie z. B. aus nachstehender Zusammenstellung hervorgeht:

| N ^o des Tonnes | Druckfestigkeit in kg/cm ² | | Äussere Beschaffen- heit der Probekörper |
|------------------------------|--|---------|--|
| | Minimum | Maximum | |
| 1519 | 214 | 402 | rissig |
| 1413 | 161 | 501 | „ |
| 927 | 318 | 523 | — |
| 1103 | 118 | 576 | — |
| 917 | 271 | 676 | — |
| 603 | 368 | 1068 | — |
| 1720 | 622 | 1452 | rissig |
| 602 | 829 | 1490 | — |
| 618 | 1010 | 2271 | — |
| 601 | 1545 | 2367 | — |

In vereinzelt Fällen können diese Unterschiede auf mehr oder minder zahlreiche lokal auftretende Schwindrisse zurückgeführt werden. In weitaus der Mehrzahl der Fälle jedoch waren die Probekörper vollständig fehlerfrei; weder zeigte ihre Oberfläche irgendwelche Risse, noch die Bruchflächen wesentliche Gefügefehler oder Ungleichmässigkeiten in der Struktur; das letztere wäre übrigens bei der äusserst sorgfältigen Aufbereitung des Rohmaterials ganz ausgeschlossen gewesen.

Die nämlichen, oft so auffälligen Unterschiede in den Festigkeitsresultaten der Einzelproben ein und derselben Materialsorte findet man übrigens auch bei der Prüfung der Fertigfabrikate und gerade die Zusammenstellung auf Seite 45 gibt hiefür ein schlagendes Beispiel; finden wir doch dort für die 15 Würfel mit 12 cm Kantenlänge Festigkeiten, die von 167—366 kg/cm² schwanken, also um 119% auseinander liegen. Der Grund für solche Schwankungen dürfte weit weniger in ungleichmäßigem Brand der einzelnen Probekörper liegen — wenigstens in genanntem Beispiel trifft dies keineswegs zu —, als vielmehr in einer wohl nie vollständig zu vermeidenden, ungleichmäßigen Verdichtung des Rohmaterials bei der Formgebung im Tonschneider. Um Probekörper von stets derselben Dichte zu bekommen, sollte der Materialzufluss zum Tonschneider stets genau derselbe sein und zur Menge des austretenden Tons stets in einem bestimmten konstanten Verhältnis stehen. Ist dies nicht der Fall, werden Ungleichmäßigkeiten in der Komprimierung und somit auch in den Festigkeitsziffern des gebrannten Materials nicht zu vermeiden sein.

Pro Tonsorte eine grössere Anzahl Probekörper als sechs herzustellen, um daraus einen bessern Mittelwert der Druckfestigkeit abzuleiten, hat, wie aus den beiden Zahlenreihen auf Seite 45 und noch besser aus nachstehender graphischen Darstellung hervorgeht, keinen besondern Wert, da beide Kurven ziemlich gleichmässig ansteigen und darin weder besonders auffallende Anomalien noch etwa ein Abschnitt zu finden ist, der Zahlen von annähernd gleichem Wert enthält.

Angesichts dieser Verhältnisse lässt sich daher berechtigter Weise die Frage aufwerfen, ob es zu einer genauen Ermittlung der Festigkeitsverhältnisse von Tonen nicht am Platz wäre, auf die Herstellung von würfelförmigen Probekörpern am Strang zu verzichten und an deren Stelle mittels einer Presse unter genau regulierbarem und stets gleichem Druck plattenförmige Probekörper zu erzeugen und an diesen nach vorangängigem Brand die Biegefestigkeit zu ermitteln.

Für die Beurteilung des voraussichtlichen Verhaltens des gebrannten Materials unter dauernder Einwirkung von Feuchtigkeit, besonders bei Fundationsarbeiten in nassem Baugrund, ist es von Wichtigkeit, den Einfluss des Wassers auf die Festigkeitsverhältnisse des gebrannten Steinmaterials und womöglich die Ursachen der dadurch hervorgerufenen Veränderungen kennen zu lernen. Wie bereits früher erwähnt, geschieht diese Feststellung durch Bestimmung des sogenannten Erweichungscoefficienten, d. h. des Quotienten aus der Druckfestigkeit in nassem und trockenem Zustand. Unter sämtlichen 842 auf Druckfestigkeit erprobten Tonen wurde für den Erweichungscoefficienten als oberste Grenze 1,56, als unterste Grenze 0,43 konstatiert, d. h. es gibt Tone, die durch Wasserlagerung an Festigkeit nicht unerheblich gewinnen, wogegen andere in ungefähr derselben Masse an Festigkeit Einbusse erleiden. Inwieweit in jedem einzelnen Fall die Unterschiede in den Zahlen der Druckfestigkeit im trockenen und wassergesättigten Zustand und damit der Wert des Erweichungscoefficienten einer tatsächlichen Einwirkung des Wassers oder Zufälligkeiten zuzuschreiben sind, bedingt durch die bereits oben erwähnten bei ein- und demselben Ton so stark schwankenden Einzelwerte in den Festigkeitszahlen, lässt sich natürlich nicht immer ermitteln und es wird dadurch auch die Ermittlung der Ursachen der so verschiedenartigen Wirkung des Wassers auf die

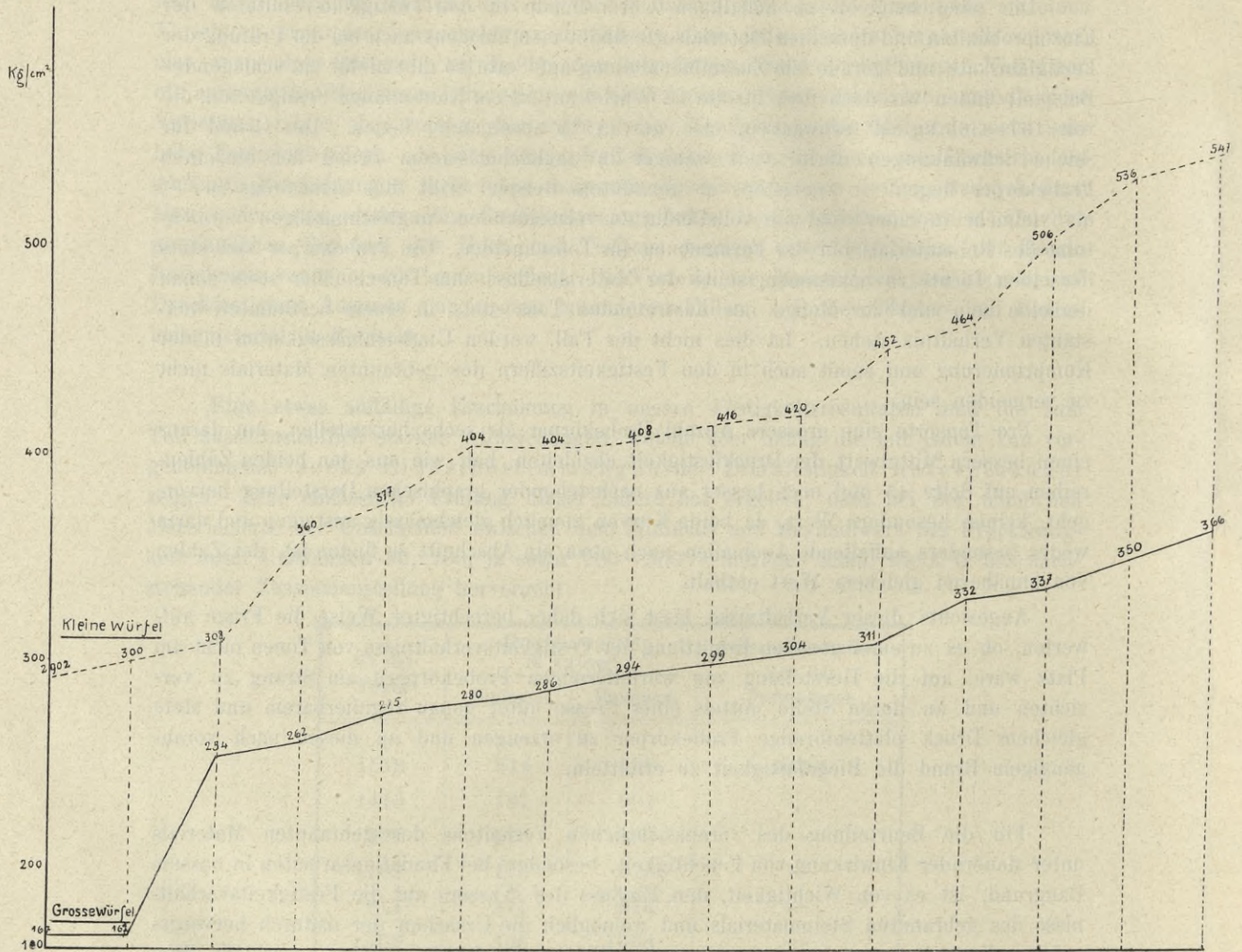


Fig. 13.

verschiedenen Tonvarietäten sehr erschwert. Wenn wir trotzdem versuchen, diese Verhältnisse etwas aufzuklären und zu dem Zweck in üblicher Weise Tone mit extremen Verhalten in Gruppen vereinigen und einander gegenüber stellen (Tabellen XVI und XVII für die erste und Tabellen XVIII und XIX für die zweite Versuchsserie), so ergeben uns weder die Zahlen der Schlämmanalyse noch diejenigen der Wasseraufnahmefähigkeit, Porosität und Festigkeit einen Anhaltspunkt für die Erklärung des in dieser Hinsicht so verschiedenen Verhaltens der Tone. Auch die Vermutung, dass die Verminderung der Festigkeit der Tone in den Tabellen XVII und XIX durch die Auslaugung erheblicher Mengen wasserlöslicher Stoffe und dadurch hervorgerufene grössere Porosität bedingt werden könnte, trifft nicht zu, indem sowohl in den Tabellen XVI und XVII, wie andererseits in XVIII und XIX der Gehalt an wasserlöslichen Stoffen annähernd derselbe ist,

nämlich 0,23 und 0,21%, beziehungsweise 0,11 und 0,10% beträgt. Einzig die Resultate der chemischen Gesamtanalyse in Tabellen XVI und XVII geben uns einen Wink, der wahrscheinlich zur Erklärung der so bedeutenden Abweichungen in den Erweichungscoefficienten der Tone dieser beiden Tabellen dienen kann. Wir sehen nämlich, dass die Tone der Tabelle XVI einen Gehalt von durchschnittlich 18,46, die der Tabelle XVII dagegen bloss einen solchen von 13,85% Al_2O_3 aufweisen. Wenn man auch nicht berechtigt ist, aus diesen Unterschieden im Tonerdegehalt einen positiven Schluss zu ziehen, so deuten sie doch darauf hin, dass die Erhärtungsfähigkeit gewisser Tone in Wasser mit ihrer chemischen Zusammensetzung in Verbindung steht, d. h. dass diese Tone vielleicht einen zementartigen Charakter besitzen und demnach schwach hydraulisch sind.

f) Lösliche Salze und Ausblühungen.

Über die Bedeutung des Gehalts des gebrannten Materials an wasserlöslichen Salzen und deren Bestimmung ist bereits auf Seite 19 und 20 das Nötige gesagt worden. Die Verfärbungen und Ausblühungen, die durch Salze an Verblendsteinbauten so oft hervorgerufen und beobachtet werden, können in der Praxis auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. Einmal können sie aus dem zu fraglichen Steinen verwendeten Rohmaterial herkommen und wittern entweder schon beim Trocknen des nassgeformten Materials aus oder dann erst aus dem gebrannten Material nach dessen Vermauerung; sie können aber auch im Brennofen durch äussere Einflüsse, also speziell durch Einwirkung der Feuergase entstehen; in selteneren Fällen können sie auch durch Salze bedingt sein, die auf den Stapelplätzen der Ziegel sich unter dem Einfluss der Feuchtigkeit aus dem Boden allmählich in die Ziegel einsaugen, schliesslich können sie auch aus dem zu den betreffenden Bauten verwendeten Mörtel in die Steine gelangen. Im vorliegenden Fall konnte es sich selbstverständlich bloss darum handeln, sich über Menge und Natur der aus dem Rohmaterial stammenden wasserlöslichen Stoffe Rechenschaft zu geben, wobei zu bemerken ist, dass eine weitere Bildung solcher Stoffe beim Brennen unserer Probekörper ausgeschlossen war, da diese Operation in einer allseitig geschlossenen, das Brenngut gegen die direkte Berührung durch die Feuergase schützenden Muffel vorgenommen wurde. In sämtlichen Brandproben wurde der Gehalt an wasserlöslichen Stoffen nach der auf Seite 19—20 beschriebenen Methode bestimmt.

In Gruppen klassifiziert, gibt sich für diese Salzgehalte die folgende Zusammenstellung (Seite 50).

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass der Gehalt an löslichen Salzen innert sehr bedeutenden Grenzen schwankt und bei unserm Versuchsmaterial sich innert den Grenzen 0,01 bis 1,78 bewegt. Steine, die absolut frei von löslichen Salzen sind, wurden keine gefunden. Qualitativ wurden in diesen Salzen ausnahmslos nachgewiesen: Kalk, Magnesia, Alkalien, Schwefelsäure, in selteneren Fällen ausserdem auch geringe Mengen von Kieselsäure, Tonerde und Salzsäure. Es wurde somit auch durch diese Untersuchungen aufs neue bestätigt, dass die wasserlöslichen Salze in gebranntem Tonmaterial keineswegs, wie man fälschlich noch so oft sagen hört, aus Salpeter, sondern fast ausschliesslich aus Gyps, Bittersalz, Glaubersalz und Kaliumsulfat bestehen. So naheliegend es nun wäre, einen gebrannten Stein hinsichtlich seiner voraussichtlichen Neigung zu Ausblühungen für um so minderwertiger zu erklären, je mehr wasserlösliche

| Gehalt an löslichen Salzen in % | Anzahl der Tone nach der Farbentabelle geordnet von No. | | | Total der Tone | Gehalt an löslichen Salzen in % | Anzahl der Tone nach der Farbentabelle geordnet von No. | | | Total der Tone |
|---------------------------------|---|----------------|-------------|----------------|---------------------------------|---|----------------|-------------|----------------|
| | 1—16 dunkle | 17—30 mittlere | 31—40 helle | | | 1—16 dunkle | 17—30 mittlere | 31—40 helle | |
| 0,00—0,05 | 93 | 11 | 3 | 107 | 1,01—1,05 | — | — | 1 | 1 |
| 0,06—0,10 | 146 | 38 | 13 | 197 | 1,06—1,10 | — | — | — | — |
| 0,11—0,15 | 52 | 51 | 70 | 173 | 1,11—1,15 | — | 1 | 1 | 2 |
| 0,16—0,20 | 37 | 29 | 69 | 135 | 1,16—1,20 | — | — | 1 | 1 |
| 0,21—0,25 | 16 | 15 | 24 | 55 | 1,21—1,25 | — | 1 | — | 1 |
| 0,26—0,30 | 5 | 6 | 17 | 28 | 1,26—1,30 | — | 1 | — | 1 |
| 0,31—0,35 | 1 | 4 | 12 | 17 | 1,31—1,35 | — | — | 1 | 1 |
| 0,36—0,40 | — | 2 | 13 | 15 | 1,36—1,40 | — | — | — | — |
| 0,41—0,45 | — | — | 11 | 11 | 1,41—1,45 | — | — | — | — |
| 0,46—0,50 | 1 | 2 | 16 | 19 | 1,46—1,50 | — | — | — | — |
| 0,51—0,55 | 1 | 1 | 12 | 14 | 1,51—1,55 | — | — | — | — |
| 0,56—0,60 | — | 1 | 5 | 6 | 1,56—1,60 | — | — | — | — |
| 0,61—0,65 | — | — | 1 | 1 | 1,61—1,65 | — | — | — | — |
| 0,66—0,70 | — | — | 1 | 1 | 1,66—1,70 | — | — | 1 | 1 |
| 0,71—0,75 | 1 | — | — | 1 | 1,71—1,75 | — | — | — | — |
| 0,76—0,80 | — | — | — | — | 1,76—1,80 | — | — | 1 | 1 |
| 0,81—0,85 | — | — | 2 | 2 | 1,81—1,85 | — | — | — | — |
| 0,86—0,90 | 1 | 1 | — | 2 | 1,86—1,90 | — | — | — | — |
| 0,91—0,95 | — | — | 1 | 1 | 1,91—1,95 | — | — | — | — |
| 0,96—1,00 | — | 1 | — | 1 | 1,96—2,00 | — | — | — | — |

Salze er enthält, so voreilig und unzutreffend wäre ein solcher Schluss, da, wie bereits auf Seite 29 erwähnt, neuere vom *Laboratorium für Tonindustrie* in Berlin veranstaltete, sehr umfangreiche Untersuchungen dargetan haben, dass eine Proportionalität zwischen dem Gesamtgehalt des gebrannten Materials an löslichen Stoffen und seiner tatsächlichen Neigung zu Ausblühungen nicht besteht. *) Die wirkliche Ausblühungsfähigkeit von Backsteinmaterial wird nach dem von genanntem Laboratorium ausgearbeiteten Verfahren in ebenso einfacher wie rationeller Weise auf direktem Weg durch den sogenannten „Tränkversuch“ ermittelt. Zu dem Zweck wird eine Fläche des Probekörpers vollkommen glatt bearbeitet, der Stein mit dieser Fläche auf ein bis zum Rand mit destilliertem Wasser gefülltes zylindrisches Glasgefäß gedrückt, sodann Cylinder samt Stein rasch umgestürzt und an einen trockenen, jedoch nicht sonnigen und vor Luftzug geschützten Ort gestellt.

*) „Untersuchungen über Ausblühungen an Ziegeln“ von Dr. H. Mäckler.

„Tonindustriezeitung“: Jahrgang 1903, No. 40, pag. 570.

„ 1904, „ 43, „ 436.

„ 1905, „ 40, „ 440.

Das Wasser saugt sich allmählich durch den Stein an dessen Oberfläche, verdunstet daselbst und lagert dabei aufgenommene Salze in Form eines weissen Anflugs oder als deutliche krystallinische Krusten ab. Dieser Versuch hat den einzigen Nachteil, dass die Intensität der Ausblühungen nicht quantitativ bestimmt werden kann, sondern deren Schätzung von der subjektiven Auffassung des jeweiligen Beobachters abhängt. Zahlreiche Versuche haben ergeben, dass unter Umständen Steine mit bloss 0,01% löslichen Salzen bei diesem Versuch schon recht starke Ausblühungen ergeben können, während wieder andere davon vollständig frei sind. Ganz ähnliche abnormale Erscheinungen haben wir nachträglich nach oben beschriebenem Verfahren an einer Reihe von 100 Tonproben selbst festgestellt. So zeigt z. B., um nur ein Beispiel zu erwähnen, Ton 113 mit einem Gehalt von 1,78% löslichen Salzen bei der Tränkprobe keine Spur von Ausblähungen, wogegen No. 111 mit einem Gehalt von 1,27% dicke weisse krystallinische Krusten absonderte.

Aus den sehr einlässlichen Untersuchungen von *Mückler* geht hervor, dass die tatsächliche Ausblühungsfähigkeit der gebrannten Ziegel von einer ganzen Reihe von Umständen abhängt, die alle zu ermitteln wohl sehr schwierig halten wird. Experimentell ist direkt nachgewiesen, dass sie einmal abhängt:

1) Von der chemischen Zusammensetzung der im Ziegel enthaltenen wasserlöslichen Salze. Bestehen diese aus leichtlöslichem Magnesium-, Kalium- und Natriumsulfat, so sind viel eher Ausblühungen zu erwarten, als wenn sie aus dem schwerlöslichen Gyps bestehen, besonders wenn dieser in grössern Körnchen vorhanden ist.

2) Von der absoluten Menge der löslichen Salze.

3) Von der Zahl, Grösse und Anordnung der Poren, und zwar zeigen bei gleichem absoluten Porositätsgrad und gleichem Gehalt an löslichen Salzen, feinporige Ziegel eine grössere Neigung zu Ausblühungen als grossporige.

4) Von der Höhe der Brandtemperatur. Unter sonst gleichen Bedingungen wird ein Material um so geringere Neigung zu Ausblühungen zeigen, bei je höherer Temperatur es gebrannt wird, sei es, dass in höhern Temperaturen die schädlichen Salze zerstört werden, sei es, dass sie eine derartig innige Verbindung mit der Grundmasse des Tons eingehen, dass sie daraus durch Pulverisieren und Behandlung mit heissem Wasser nicht mehr oder nur unvollständig ausgelaugt werden können.

5) Von der Beschaffenheit der Ofenatmosphäre. Reduzierende Flamme wirkt den Ausblühungen entgegen, oxydierende Flamme begünstigt sie.

Ausser diesen durch die Untersuchungen *Mücklers* in unanfechtbarer Weise festgestellten Umständen, haben aber aller Wahrscheinlichkeit nach auch noch eine Reihe anderer, wie z. B. die Art des Trocknens der Waren, das Gefüge des Materials (Form und Grösse der kleinsten Teilchen), sowie die chemische Zusammensetzung der Tonmasse auf die Neigung zu Ausblühungen ebenfalls einen nicht unbedeutenden Einfluss. Wenn nun auch nach dem Gesagten die quantitative Bestimmung der löslichen Salze in Ziegeln insofern an Wert verliert, als sie uns für die Neigung des gebrannten Materials zu Ausblühungen keine sichern Anhaltspunkte bietet, so besitzt sie doch neben der Tränkmethode in anderer Richtung ihre Berechtigung; denn unzweifelhaft gestattet sie den Schluss, dass bei Steinen mit geringem Gehalt an löslichen Salzen allfällige Ausblühungen nur eine vorübergehende Erscheinung bilden, weil die löslichen Stoffe binnen kurzer

Zeit durch den Regen aus dem Stein ausgelaugt sein werden, während bei Steinen mit hohem Gehalt an löslichen Stoffen, die Ausblühungen erfahrungsgemäss zu einer langandauernden Kalamität werden können.

Von Interesse ist es im weitern, zu untersuchen, welche Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung der Tone und ihrem Gehalt an löslichen Salzen bestehen. Ein Vergleich des Prozentgehalts an wasserlöslichen Salzen mit den Zahlen der chemischen Gesamtanalyse, wie sie für die 445 Tone der ersten Versuchserie ermittelt worden, gestattet natürlich nur unsichere Schlüsse. Mit Bezug auf den Gehalt an Calciumsulfat, von dem man in erster Linie erwarten sollte, dass er zum Gehalt des Materials an löslichen Salzen in bestimmten Beziehungen stehe, liegen die Verhältnisse folgendermassen:

Zieht man aus sämtlichen 445 Tonen der Versuchsreihe I je 20 Nummern mit maximalem und ebenso viele mit minimalem Gehalt an löslichen Salzen aus und stellt diese Ziffern den Analysenresultaten gegenüber (Tabelle XX und XXI), so finden wir wohl, dass in Tabelle XX einem durchschnittlichen Gehalt von 0,87% löslichen Salzen ein durchschnittlicher Gypsgehalt von 2,15% und in Tabelle XXI einem Gehalt von 0,05% löslichen Salzen bloss ein solcher von 1,09% CaSO_4 gegenübersteht, also etwa die Hälfte. Diese erheblich niedrigere Durchschnittsziffer will jedoch nicht viel bedeuten, denn unter den Einzelziffern für Gyps in Tabelle XXI finden wir einige, die beträchtlich grösser sind als in Tabelle XX. Auffallen muss es überdies, dass obige Durchschnittsziffern für Gyps von 2,15, resp. 1,09% im Vergleich zu der gefundenen Menge der löslichen Salze in den nämlichen Steinen viel höher sind. Man sollte erwarten, dass sämtlicher Gyps bei der Ermittlung der löslichen Salze in Lösung gehen und sich in annähernd demselben Mengenverhältnis in Form der löslichen Salze wiederfinden sollte. Statt dessen finden wir in Tabelle XX statt mindestens 2 bloss 0,87% und in Tabelle XXI statt 1 nur 0,05% lösliche Salze. Die Erklärung für diese ganz bedeutenden Unterschiede liegt darin, dass die Analysen unserer Tone nicht am gebrannten Stein, sondern mit dem ungebrannten Rohmaterial ausgeführt und auf den gebrannten Zustand umgerechnet wurden. Nun wird aber bekanntlich Gyps in höherer Temperatur unter Austreiben der Schwefelsäure zerstört; tatsächlich sind also im gebrannten Material wesentlich geringere Mengen Gyps vorhanden, als die durch Umrechnung gefundenen Analysenresultate ausweisen.

Endlich dürfen auch die bei der Gesamtanalyse gefundenen Mengen Magnesia und Alkalien zu einem Vergleich mit den Ziffern der löslichen Salze nicht herangezogen werden, da diese Stoffe in dem gewöhnlichen Ziegel und Backsteinmaterial sowohl in wasserunlöslicher Form (Glimmer, Feldspath), wie auch in löslicher Form, also als Magnesium-, Natrium- und Kaliumsulfat vorkommen können.

Zum Schluss dieser Betrachtungen sei noch auf einen weitern Umstand hingewiesen. Bereits aus der auf Seite 50 aufgestellten Tabelle geht hervor, dass die Tone mit geringem Gehalt an löslichen Salzen vorwiegend den Varietäten mit dunkelroten und mittlern Brandfarben angehören, während die mit starkem Gehalt an löslichen Salzen sich zur Hauptsache weisslich oder gelblich brennen. Ein scharfer Unterschied ist allerdings nicht festzustellen. Deutlicher treten diese Verhältnisse in den Tabellen XX und XXI hervor; wie man sieht, weisen die Tone der Tabelle XX durchweg ganz

ganz helle Brandfarben auf, während die der Tabelle XXI ausnahmslos zu den rotbrennenden Varietäten gehören. Da die weisslich brennenden Tone alle durch einen starken Gehalt an Calciumcarbonat gekennzeichnet sind, so wäre man leicht versucht, den Gehalt des gebrannten Materials an löslichen Salzen auch mit diesem Kalkgehalt in Verbindung zu bringen. Qualitative und quantitative Bestimmungen von in den löslichen Salzen eventuell vorhandenem freiem Kalk, die allein einen sichern Aufschluss über diesen Punkt zu geben im Stande wären, liegen nicht vor. Aber denkbar wäre es immerhin, dass beim Brennen stark kalkhaltiger Tone, sofern der Brand ein nicht genügend scharfer ist, nicht alles Calciumcarbonat bis auf die letzten Spuren in wasserunlösliches Kalkaluminiumsilikat übergeführt wird, sondern ein kleiner Teil des Kalks noch in Form von Ätzkalk vorhanden ist. Für diese Annahme spricht unter anderm auch die vielfach beobachtete Erscheinung, dass bei der 28tägigen Wasserlagerung stark kalkhaltiger, sich weisslich brennenden Probekörper zuweilen an der Oberfläche des Wassers ein feines Krystallhäutchen auftritt, dessen Bildung man sich durch die Einwirkung der Kohlensäure der Luft auf den durch das Wasser ausgelaugten Kalk sehr wohl erklären könnte. Andererseits findet man wieder unter den hellfarbigen Tönen unserer ersten Versuchserie eine ganze Anzahl, die bei sogar noch höherem Gehalt an Kalk (Mittel 22,7%) als die Tone der Tabelle XX (Mittel 21,15%) einen verhältnismässig geringen Gehalt an löslichen Salzen (im Mittel 0,15% gegenüber 0,87%) aufweisen (Tabelle XXII). Da weder im Tonerde- noch im Kieselsäuregehalt bei den Tönen dieser beiden Tabellen nennenswerte Unterschiede ersichtlich sind und auch die Einzelzahlen für den Gypsgehalt keine sichern Anhaltspunkte ergeben, so könnte allenfalls noch die Brandtemperatur zur Erklärung dafür herangezogen werden, dass der Gehalt an löslichen Salzen bei den Tönen der Tabelle XXII so erheblich geringer ist, als bei Tabelle XX, und diese Brandtemperatur liegt durchschnittlich etwas, wenn auch nur um wenig höher, als bei den Tönen der Tabelle XX, nämlich um 15°.

Aus diesem Umstand jedoch eine sichere Erklärung ableiten zu wollen, wäre verfrüht; die Frage, ob der Kalkgehalt unter bestimmten Umständen auf den Gehalt des gebrannten Materials an löslichen Salzen einen Einfluss ausübt, ist also noch eine offene und bedarf zur weitem Abklärung besonderer Untersuchungen.

g) Die Brandfarbe.

Zur Bestimmung der Brandfarbe diene, wie bereits auf Seite 14 dieses Berichts erwähnt worden, die von den Herren Professoren *Bluntschli* und *Lasius* aufgestellte Farbenskala, die 40 verschiedene Farbennüancen umfasst (siehe Beilage). Auch die Brandfarbe ist für ein- und denselben Ton keine unveränderliche Constante, sondern hängt vor allem aus von der Höhe der Brandtemperatur ab und schwankt mit dieser innert nicht unbedeutenden Grenzen. Besonders bei den eisenhaltigen Varietäten mit roten Brandfarben kann man innert relativ geringen Temperaturgrenzen Abstufungen in den Farbtönen erzielen, die vielleicht 10 aufeinanderfolgende Nüancen der Farbenskala umfassen. Je höher die Temperatur um so dunkler, je niedriger um so hellroter die Brandfarbe. Etwas weniger empfindlich sind die stark kalkhaltigen, sich weisslich brennenden Tone. Im weitem hängt die Brandfarbe von der Beschaffenheit der Ofenatmosphäre ab

und man kann bekanntlich mit einem Ton erheblich verschiedene Brandfarben bekommen, je nachdem mit oxydierender oder reduzierender Flamme gearbeitet wird.

Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, wurden unsere Brandversuche durchwegs bei der höchst zulässigen Temperatur unterhalb der Sintergrenze und in einer völlig geschlossenen Muffel, also in neutraler bis schwach oxydierender Flamme vorgenommen. Über die Brandfarben sämtlicher untersuchten Tone gibt nachstehende tabellarische Übersicht die nötigen Aufklärungen:

Zusammenstellung der schweizerischen Tone nach den Brandfarben.

| Brandfarbe | Anzahl der Tone | Brandfarbe | Anzahl der Tone |
|--|-----------------|--------------------------------------|-----------------|
| 1. Schwarz | 0 | Übertrag | 551 |
| 2. Schwarzbraun | 0 | 22. Orange Ic | 18 |
| 3. Violettbraun | 0 | 23. „ II | 0 |
| 4. Dunkelgelbbraun | 0 | 24. „ III | 2 |
| 5. Braunrot | 5 | 25. Goldocker I | 0 |
| 6. Hausrot I | 12 | 26. „ II | 0 |
| 7. Hausrot II | 16 | 27. „ III | 0 |
| 8. Hausrot III | 206 | 28. „ IV | 0 |
| 9. Ziegelrot I (dunkel) | 24 | 29. Ocker I (dunkel) | 0 |
| 10. Ziegelrot II | 80 | 30. „ II (normal) | 0 |
| 11. Ziegelrot III (feurig) | 9 | 31. „ III (hell) | 2 |
| 12. Ziegelrot IV (leuchtend) | 4 | 32. „ IV (blass) | 4 |
| 13. Rostfarbig | 2 | 33. Holzfarbe I | 4 |
| 14. Lederfarbig I (dunkel) | 17 | 34. „ II | 99 |
| 15. „ II | 24 | 35. Gelb | 3 |
| 16. „ III (stumpf) | 1 | 36. Weissgelb | 52 |
| 17. „ IV (hell) | 2 | 37. Stumpfocker I | 0 |
| 18. Fleischfarbig I | 88 | 38. „ II | 1 |
| 19. „ II | 58 | 39. „ III | 110 |
| 20. Orange Ia | 2 | 40. Weiss | 12 |
| 21. „ Ib | 1 | 41. Unbestimmte Brandfarbe | 5 |
| Übertrag | 551 | Total | 863 |

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, dass mit Ausnahme der schwärzlichen Nüancen (No. 1—4), der Nüance Orange II, der vier Goldockertöne (No. 26—29), den beiden dunklen Ockertönen (No. 29 und 30), sowie der Nüance Stumpfocker I unter unsern Proben sämtliche Töne der Farbenskala vertreten sind und zwar figurieren darunter:

| | | |
|--|-----|---------|
| die dunkelrot brennenden Tone mit | 239 | Nummern |
| die eigentlich ziegelroten Varietäten mit | 117 | „ |
| die mittelfarbigen (rost-, leder- und orangefar- bigen) mit | 69 | „ |
| die fleischfarbigen mit | 146 | „ |
| die hellgelb bis weisslichen Sorten mit | 275 | „ |

Bloss fünf ausgesprochen missfarbige Tone liessen sich in keine der 40 Nummern der Farbenskala einreihen.

Was die in unserer Haupttabelle angeführten 12 Tone mit reinweisser Brandfarbe anbetrifft, so ist dazu zu bemerken, dass bloss 6 davon in die Klasse der sog. „Edeltone“ gehören, d. h. hochfeuerfest sind (mit Schmelzpunkten von 1670—1830°), keinen Kalk enthalten und ihre weisse Brandfarbe lediglich der Tonsubstanz bei gleichzeitiger Abwesenheit von Eisenoxyd verdanken. Die übrigen 6 gehören in die Klasse der gewöhnlichen Ziegler-tone mit Schmelzpunkten von 1180—1250°, sind zwar arm an Eisen, aber sehr reich an Kalk, der auch ihre weisse Brandfarbe bedingt. Nur eine direkte Besichtigung der Sammlung sämtlicher Brandproben ermöglicht es, sich davon zu überzeugen, welche eine Fülle schöner, ja zum Teil prächtiger und reiner Farbtöne mit den verschiedenen Rohmaterialien im einzelnen erhältlich sind und es ist einleuchtend, dass durch geeignete Mischungen die Nüancen vielfach noch um ein beträchtliches vermehrt und verbessert werden könnten. Nun muss allerdings bemerkt werden, dass die Bedingungen, unter denen die Brandproben in der Materialprüfungsanstalt erzeugt wurden, für die Erzielung reiner und lebhafter Brandfarben besonders günstige waren, besonders dadurch, dass die Proben in einer allseitig geschlossenen Muffel gebrannt und so den nachteiligen Einflüssen durch die direkte Berührung mit den Rauchgasen entzogen wurden. Unsere Aufgabe war es jedoch eben darzutun, was unter den allseitig günstigsten Verhältnissen mit einem gegebenen Material zu erreichen ist.

Es ist auch versucht worden, zwischen der Brandfarbe und der chemischen Zusammensetzung der Tone eine Gesetzmässigkeit nachzuweisen, von der Tatsache ausgehend, dass die Brandfarbe der Tone mit steigendem Gehalt an Eisenoxyd und abnehmendem Kalkgehalt immer dunkler und umgekehrt, mit abnehmendem Gehalt an Eisenoxyd und zunehmendem Kalkgehalt heller und zuletzt weiss wird. In diesem Sinne wurde auch für den ersten Teil der Untersuchung für jeden einzelnen Ton auf Grund der chemischen Gesamtanalyse die Verhältniszahl vom Kalk zum Eisenoxydgehalt $\left(\frac{\text{CaO}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}\right)$ berechnet und protokolliert. Addiert man die Farbencoeffizienten gleicher Brandfarbe und berechnet daraus den mittlern Coeffizienten, so ergibt sich folgendes Bild (siehe Tabelle Seite 56).

Wie man sieht zeigen die Farbencoeffizienten im Vergleich mit den von den dunklern zu den hellern Tönen absteigenden Farbenskala im Allgemeinen einen progressiv ansteigenden Wert, doch sind auch einzelne sprunghafte Abweichungen zu bemerken, was nicht überraschen kann, da zweifellos nicht nur der Kalkgehalt, sondern auch der Gehalt an Magnesiumcarbonat und andern weissfarbigen Beimischungen, vor allem aber der an reiner Tonsubstanz selbst die Brandfarbe in hohem Grad beeinflussen muss.

Nicht ganz selten — unter den 445 Nummern der ersten Versuchserie waren es 25 Fälle, unter den 418 Nummern der zweiten 10 — trifft man Tone, die beim Brennen

| Brandfarbe | Farben- coefficient | Brandfarbe | Farben- coefficient |
|----------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1. Braunrot | 0,15 | 11. Lederfarbig IV | 1,52 |
| 2. Hausrot I | 0,18 | 12. Fleischfarbig I | 1,26 |
| 3. „ II | 0,13 | 13. „ II | 2,06 |
| 4. „ III | 0,29 | 14. Orange Ic | 2,67 |
| 5. Ziegelrot I | 0,22 | 15. „ III | 3,00 |
| 6. „ II | 0,27 | 16. Holzfarbe I | 2,40 |
| 7. „ III | 0,06 | 17. „ II | 3,66 |
| 8. Lederfarbig I | 0,34 | 18. Weissgelb | 4,07 |
| 9. „ II | 0,57 | 19. Stumpfocker III | 4,91 |
| 10. „ III | 0,39 | 20. Weiss | 5,14 |

sich mehr oder weniger stark aufblähen. Ihre Oberfläche zeugt von normalem Brande höchstens, dass sie stark verdichtet erscheint; die Brandfarbe ist meist rot, dagegen zeigt die Bruchfläche der Probekörper bis nahe an die Oberfläche eine schwärzliche, graue oder grüngraue Farbe. Diese Färbung rührt zum Teil von organischen Bestandteilen des Tones her, von Pflanzenüberresten, Würzelchen, bituminösen Substanzen, welche beim Brennen des Materials verkohlen. Bei porösen Tonsorten und solchen, welche erst in höherer Temperatur sintern, brennen diese organischen Substanzen vorweg aus; die gasförmigen Verbrennungsprodukte entweichen durch die vorhandenen Poren und der Scherben behält in seinem Innern seine normale Brandfarbe bei. Findet jedoch schon bei relativ niedriger Temperatur eine starke Verdichtung oder gar eine Sinterung und damit ein vorzeitiger oberflächlicher Porenschluss statt, oder besitzt das Material bei seiner Verformung, wie in unserm Fall, eine grosse Kornfeinheit, oder wird es in reduzierender Flamme gebrannt, so können die bei der Verkohlung entstehenden Kohlenwasserstoffe und das Kohlenoxyd nicht mehr nach Aussen entweichen. Die Folge davon ist, dass die Steine sich aufblähen oder bersten oder im Innern sich zufolge ausgeschiedener Kohle schwarz färben. Zuweilen rührt diese Färbung aber nicht von ausgeschiedener Kohle her, sondern ist eine Folge der reduzierenden Wirkung der organischen Bestandteile auf das in der Masse vorhandene rote Eisenoxyd, welches hiebei in schwarzes Eisenoxyduloxyd umgewandelt wird.

Dass die schwarze Färbung im Innern der von uns gebrannten Probeziegel zum Teil wenigstens die Folge eines Gehalts an organischer Substanz ist, geht aus dem Befund der Schlämmanalyse, der rationellen Analyse oder der Gesamtanalyse der betreffenden Tone hervor, denn wir konstatieren entweder in den betreffenden Schlämrrückständen mehr oder minder grosse Mengen pflanzlicher Überreste oder es gibt die Gesamtanalyse einen auffallend hohen Gehalt an „Wasser und Bitumen“ an, der bei den in Frage stehenden Tönen der ersten Versuchserie zwischen 4,85 und 12,06% schwankt, während er bei den übrigen Tönen nur etwa 2—6% beträgt. Die soeben beschriebenen

Blähungserscheinungen treten ausnahmslos an stark eisenhaltigen, leicht schmelzbaren Tonen auf. Will man sie verhindern, so ist darauf zu achten, dass die organischen Verunreinigungen sofern diese nicht schon bei der Vorbereitung der Tone ausgeschieden wurden, im Ofen völlig zerstört werden, bevor der Porenschluss eintritt; es darf daher beim Brennen derartiger Tone die Temperatur nicht zu rasch gesteigert werden.

**h) Die pyrometrischen Verhältnisse (Schmelzpunkte);
Einteilung der Tone.**

Wie bereits in Abschnitt II erwähnt, beschränkten sich die pyrometrischen Untersuchungen auf die Ermittlung des Erweichungspunktes jedes einzelnen Tons, obwohl, wie wir bereits früher gesehen, diese Bestimmung allein nicht ausreicht, um einen Ton hinsichtlich seines Verhaltens im Feuer vollständig zu kennzeichnen.

Wie zu erwarten stand, schwankten diese Erweichungstemperaturen bei unserm Versuchsmaterial innert sehr bedeutenden Grenzen, wie aus folgender Übersicht hervorgeht.

Es zeigten einen

| | | | | |
|------------------------|------------|-----------|-----|--------|
| Schmelzpunkt von zirka | 1100—1150° | | 64 | Sorten |
| " " " | 1150—1200° | | 339 | " |
| " " " | 1200—1250° | | 165 | " |
| " " " | 1250—1300° | | 120 | " |
| " " " | 1300—1350° | | 85 | " |
| " " " | 1350—1400° | | 43 | " |
| " " " | 1400—1450° | | 11 | " |
| " " " | 1450—1500° | | 5 | " |
| " " " | 1500—1550° | | 8 | " |
| " " " | 1550—1600° | | 8 | " |
| " " " | 1600—1650° | | 4 | " |
| " " " | 1650—1700° | | 6 | " |
| " " " | 1700—1750° | | 4 | " |
| " " " | 1750—1800° | | 0 | " |
| " " " | 1800—1850° | | 1 | " |

Total 863 Sorten

Diese Tabelle zeigt, dass wir unter den untersuchten Tonen Materialien von allen Graden der Feuerbeständigkeit besitzen, vom leichtest schmelzbaren ordinären Zieglerton mit einem Schmelzpunkt von 1130 C bis zur höchst feuerfesten Erde mit einem maximalen Schmelzpunkt von zirka 1830° C. Die Schmelzpunktverhältnisse der Tone geben uns nun auch ein Mittel an die Hand, um darauf eine wirklich rationelle Einteilung derselben vorzunehmen. Vielfach hat man versucht, für die Einteilung der Tone eine andere Basis zu wählen und sie beispielsweise nach ihrer geologischen Entstehung in Tone auf primärer und sekundärer Lagerstätte einzuteilen. Andere Forscher teilten sie nach Brandfarbe, nach Verwendungszweck oder ihrer chemischen Zusammensetzung ein, wobei für letztern Fall der Gehalt an Tonerde als Richtschnur angenommen wurde. Mag auch die erstere Einteilung, wenn es sich um rein geologische Untersuchungen handelt, am Platze sein, so ist sie kaum mehr am Platz bei einer technologischen Untersuchung, wo

andere Momente in den Vordergrund treten. Nach der Brandfarbe hat *Seiger* folgende Gruppen unterschieden:

- 1) Aluminiumoxydreiche und eisenarme Tone. Brandfarbe weiss oder hellfarbig;
- 2) Aluminiumoxydarme und mässig eisenhaltige Tone. Brandfarbe: Blassgelb bis lederbraun;
- 3) Aluminiumoxydarme und eisenreiche Tone. Brandfarbe: rot.
- 4) Aluminiumoxydarme, eisen- und kalkreiche Tone.

In dieser Einteilung fehlen nun einmal die aluminiumoxydreichen und gleichzeitig eisenreichen Tone, welche gerade in unserer Untersuchung eine besondere charakteristische Gruppe bilden, andererseits gestattet sie durch die nicht hinlänglich genau präzierte Farbenbezeichnung keine scharfe Abgrenzung in bestimmte Gruppen. Auch eine Einteilung basiert auf der chemischen Zusammensetzung der Tone, nach Vorschlag von *Dümmler**) in der Art durchgeführt, dass der Quotient aus der Summe der nicht flüchtigen Bestandteile und dem Gehalt an Aluminiumoxyd, als Qualitätskoeffizient eines Tones bezeichnet wird, gestattet wohl, ein allgemeines Urteil über seine Feuerfestigkeit und Verwendbarkeit zu fällen, eignet sich aber zu einer bestimmten Klassifizierung der Tone in Gruppen ebensowenig, wie die vorher besprochene Methode. Am zweckmässigsten verfährt man wohl, wenn man als Grundlage einer Einteilung die Schmelzbarkeit nimmt, da diese bis zu einem gewissen Grad ebenfalls eine Funktion des Tonerdegehalts bildet, sich ziffernmässig ausdrücken lässt, und weil der Feuerbeständigkeitsgrad in erster Linie die Verwendbarkeit der Tone zu den verschiedenen keramischen Produkten bedingt.

Da wir in unserer Übersichtstabelle innert den beiden äussersten Grenzen von 1130—1830° Tone mit allen möglichen Schmelzpunkten ohne scharfe Abstufungen finden, so haftet einer solchen Einteilung zwar auch eine gewisse Willkürlichkeit an, die aber nicht zu vermeiden ist.

Unter Miteinbeziehung der verschiedenen Brandfarben kann man daher die untersuchten Tone etwa in folgender Weise klassifizieren:

I. Leicht schmelzbare Tone (zirka 1150—1300°).

- | | |
|--|------------|
| a) Hellfarbig brennende, stark kalkhaltige Tone. (Brandfarben: Ocker III und IV, Holzfarbe I und II, Stumpf- ocker III, weissgelb und weiss) | 278 Sorten |
| b) Mittelfarbige, teils ziemlich kalkhaltige Tone. (Brandfarben ziegelrot II, III und IV, rostfarbig, lederfarbig, fleischfarbig, orange) | 234 „ |
| c) Dunkelfarbige, kalkarme oder kalkfreie Tone. (Brandfarben: braunrot, hausrot I—III, ziegelrot) I | 179 „ |

Total 691 Sorten

II. Ziemlich leicht schmelzbare Tone (1300—1400°).

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---------------|----|-------------|---|-------|---------------|----|--------------|---|-----------------|----|---------------|---|--|
| Brandfarben | <table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">hausrot I—III</td> <td style="padding-right: 10px;">71</td> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">lederfarbig</td> <td style="padding-left: 10px;">9</td> <td rowspan="3" style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px; vertical-align: middle;">125 „</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;">ziegelrot . .</td> <td style="padding-right: 10px;">29</td> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">orange . . .</td> <td style="padding-left: 10px;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;">fleischfarbig .</td> <td style="padding-right: 10px;">11</td> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">stumpfocker .</td> <td style="padding-left: 10px;">2</td> </tr> </table> | hausrot I—III | 71 | lederfarbig | 9 | 125 „ | ziegelrot . . | 29 | orange . . . | 3 | fleischfarbig . | 11 | stumpfocker . | 2 | |
| hausrot I—III | 71 | lederfarbig | 9 | 125 „ | | | | | | | | | | | |
| ziegelrot . . | 29 | orange . . . | 3 | | | | | | | | | | | | |
| fleischfarbig . | 11 | stumpfocker . | 2 | | | | | | | | | | | | |

Kalkgehalt sehr gering; meist unter 1%. Übertrag: 816 Sorten

*) *K. Dümmler*. Handbuch der Ziegelfabrikation, Halle a./S. 1900, pag. 78.

Übertrag: 816 Sorten

III. Schwer schmelzbare Tone (1400—1650°).

| | | | | |
|-----------------------------|----|---|----|---|
| von 1400—1450° | 11 | } | 36 | " |
| „ 1450—1500° | 5 | | | |
| „ 1500—1600° | 16 | | | |
| „ 1600—1650° | 4 | | | |
| Kalkgehalt nicht über 1,8%. | | | | |

| | | | |
|-------------|---|-------------------------|----|
| Brandfarben | } | hausrot I—III | 8 |
| | | ziegelrot | 20 |
| | | lederfarbig | 3 |
| | | fleischfarbig | 3 |

IV. Feuerfeste Tone (1650—1830°).

| | | | | | | |
|-------------|---|-------------------------|---|---|----|---|
| Brandfarben | } | ziegelrot | 2 | } | 11 | " |
| | | lederfarbig | 2 | | | |
| | | fleischfarbig | 1 | | | |
| | | weisslich | 6 | | | |

Gesamtzahl der untersuchten Tone: 863 Sorten

Ein Blick auf diese sowohl als obige Tabelle gestattet uns nun, über das Besitztum des Landes an den verschiedenen Tonsorten, speziell mit Rücksicht auf deren pyrometrische Eigenschaften ein ungefähres Bild zu machen. Wir sehen ohne weiteres, dass die überwiegende Mehrzahl aller Tone in die Klasse der gewöhnlichen Ziegler- und Töpfer-tone gehört und dass wir bloss 11 Sorten besitzen, die auf die Bezeichnung „feuerfeste Tone“ Anspruch machen können, d. h. einen Schmelzpunkt von über 1650° besitzen.

Dagegen finden wir zwischen den beiden extremen Gruppen der leicht schmelzbaren und feuerfesten Tone zwei weitere Gruppen mit Schmelzpunkten von 1300—1400°, resp. 1400—1500°, von denen eine ganze Anzahl Vertreter sich voraussichtlich mit Vorteil zu Sinterwaren, wie Pflasterklinkern, Belagplatten, wasserdichten Ziegeln, verwenden lassen wird.

Stellen wir die Tone der Gruppen III und IV, die zufolge ihrer hohen Schmelzpunkte ein besonderes Interesse verdienen, mit ihrem Fundort, ihrer chemischen Zusammensetzung und Brandfarbe zusammen, so können wir sie in einige deutlich charakteristische Gruppen gliedern. Einmal stossen wir auf eine allerdings nur sehr kleine Gruppe von Tonen, die durch eine mehr oder weniger rein weisse Brandfarbe, sowie einen hohen Gehalt an Tonerde und Kieselsäure und geringen Gehalt an Eisen und Flussmitteln gekennzeichnet sind, und daher in die Gruppe der eigentlichen Edeltone gehören. Es wären dies etwa:

| N ^o | Fundort | Brandfarbe | Ungef. Schmelzpunkt | Chemische Gesamtanalyse (berechnet auf gebrannten Zustand) | | | | | | |
|----------------|-----------------------|--------------|---------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|------|------|--------------------|----------|
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ca O | Mg O | Ca SO ₄ | Alkalien |
| 1529 | Moutier (Berner Jura) | rein weiss . | 1830° | 57,59 | 40,10 | 1,45 | 0,30 | 0,10 | 0,25 | 0,21 |
| 1530 | „ „ „ | „ „ . | 1700° | 66,05 | 30,40 | 2,29 | 0,25 | 0,23 | 0,18 | — |
| 1525 | „ „ „ | weiss . . | 1680° | 70,58 | 26,18 | 2,28 | 0,70 | 0,10 | — | 0,16 |

Leider kommt dieses kaolinartige Material, das durch sehr hohe Schmelzpunkte gekennzeichnet ist, nur lokal und in so geringer Menge in Form von Nestern und Einsprengungen vor, dass eine industrielle Verwertung in nennenswertem Maßstab ausgeschlossen ist. Eine zweite Gruppe von Materialien, geologisch betrachtet zur Gruppe der Huppererden oder Klebsande gehörig, zeichnet sich zufolge hohen Gehalts an quarzförmiger Kieselsäure und Mangel an Flussmitteln ebenfalls durch eine recht bemerkenswerte Feuerbeständigkeit aus. In diese Klasse gehören etwa:

| Kontroll-N ^o | Fundort | Brandfarbe | Ungef. Schmelzpunkt | Chemische Gesamtanalyse (berechnet auf gebrannten Zustand) | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|----------|
| | | | | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | CaSO ₄ | Alkalien |
| 1539 | Lausen (Baselland) | weiss mit Rotstich | 1730° | 73,55 | 2,08 | 20,56 | 2,38 | 0,79 | 0,22 | 0,29 | 0,13 |
| 1542 | " " | weiss . . . | 1730° | 84,32 | 1,04 | 11,54 | 1,65 | 0,17 | 0,17 | 0,25 | 0,86 |
| 1543 | " " | weiss . . . | 1730° | 78,15 | 1,28 | 16,68 | 1,94 | 1,21 | 0,24 | 0,34 | 0,16 |
| 1535 | Court (Berner Jura) | lederfarb. II | 1730° | 89,53 | 0,94 | 5,58 | 2,94 | 0,20 | 0,23 | 0,29 | 0,29 |
| 1538 | Lausen (Baselland) | " II | 1690° | 79,21 | 1,45 | 12,99 | 5,21 | 0,03 | 0,64 | 0,30 | 0,17 |
| 274 | Laufen (Berner Jura) | ziegelrot I | 1650-90° | 85,09 | — | 8,70 | 4,04 | — | 1,41 | 0,76 | — |
| 1540 | Lausen (Baselland) | " I | 1650° | 77,37 | 0,92 | 11,59 | 9,90 | 0,22 | Spur | Spur | — |
| 1541 | " " | " I | 1650° | 77,54 | 0,27 | 15,49 | 6,08 | 0,62 | Spur | Spur | — |

Diese stark quarzhaltigen Materialien finden sich, wie man sieht, einmal in ziemlich beträchtlicher Menge in der Umgebung von *Lausen* (Baselland), wo sie bereits im Jahre 1872 zur Gründung einer Fabrik feuerfester Produkte Anlass gegeben, sowie in verschiedenen Gegenden des Berner Jura.

Einen ebenfalls huppererdeähnlichen Habitus besitzen noch nachstehende Tone, die aber gegenüber derjenigen der obigen Zusammenstellung durch wesentlich geringere Schmelzbarkeit ausgezeichnet sind. Es sind dies:

| Kontroll-N ^o | Fundort | Brandfarbe | Ungef. Schmelzpunkt | Chemische Gesamtanalyse (berechnet auf gebrannten Zustand) | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|---|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|----------|
| | | | | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | CaSO ₄ | Alkalien |
| 257 | Lohn (Schaffhausen) | Hausrot III | 1470° | 81,40 | — | 11,52 | 4,05 | 1,86 | 0,33 | 0,35 | 0,49 |
| 258 | " " | fleischfarbig II | 1470° | 80,03 | — | 12,81 | 4,09 | 1,17 | 0,31 | 0,25 | 1,34 |
| 183 | Rheinfelden (Aargau) | dunkelfleischf. b. | 1450-1500° | 69,67 | — | 18,64 | 3,46 | 0,86 | 1,45 | 0,96 | 4,91 |
| 231 | Basadingen (Schaffh.) | rötlich . . | 1430° | 85,13 | — | 6,97 | 4,24 | 2,69 | 0,15 | 0,78 | 0,04 |
| 487 | Heerbrugg (St. Gallen) | fleischfarbig . | 1420° | 63,09 | — | 22,53 | 6,24 | 1,45 | 2,25 | 1,24 | 3,20 |
| 1599 | Diegten (Baselland) | hausrot III . | 1420° | 63,16 | 0,84 | 20,03 | 9,29 | 0,88 | 1,89 | 0,81 | 3,10 |
| 199 | Birmensdorf (Aargau) | ziegelrot II | 1420° | 78,99 | — | 13,31 | 3,37 | 0,80 | 1,67 | 0,33 | 1,53 |
| 191 | Frick (Aargau) | lederfarbig I | 1410° | 75,40 | — | 19,16 | 2,02 | 0,99 | 1,76 | 0,18 | 0,49 |
| 1513 | Egnach (Thurgau) | " II | 1410° | 85,33 | — | 7,43 | 3,75 | 1,04 | 0,76 | 0,28 | 1,41 |
| 1537 | Lausen (Baselland) | hausrot III | 1410° | 70,83 | — | 15,83 | 8,18 | 0,46 | 1,15 | 1,19 | 2,36 |

Eine vierte und grössere Gruppe bilden die gleichzeitig sehr tonerde- und eisenreichen Tone der Bohnerzformation (Bolos). Von diesem Material finden wir einmal

ziemlich ausgedehnte Lagerstätten im Kanton *Schaffhausen*, in der Umgebung von *Lohn*, *Basadingen* und *Stetten*. Hieher gehören:

| Kontroll-N ^o | Fundort | Brandfarbe | Ungef. Schmelzpunkt | Chemische Zusammensetzung (berechnet auf gebrannten Zustand) | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------|---------------|-----------------------|---|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|--------------------|----------|
| | | | | Si O ₂ | Ti O ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ca O | Mg O | Ca SO ₄ | Alkalien |
| 247 | Hofstetten | fleischfarbig | I 1700 ^o | 51,83 | — | 39,53 | 7,36 | 0,84 | 0,06 | 0,39 | — |
| 248 | Lohn | ziegelrot | II 1670 ^o | 49,80 | — | 33,17 | 15,07 | 0,98 | 0,20 | 0,27 | 0,51 |
| 254 | " | " | II 1620 ^o | 49,66 | — | 29,55 | 19,99 | 0,31 | 0,00 | 0,21 | 0,28 |
| 269 | " | " | II 1680 ^o | 49,52 | — | 35,32 | 14,47 | 0,20 | — | 0,42 | 0,07 |
| 253 | " | " | I 1600 ^o | 58,84 | — | 22,39 | 18,28 | 0,19 | 0,00 | 0,28 | 0,02 |
| 250 | " | " | II 1580 ^o | 49,38 | — | 32,73 | 15,07 | 0,26 | 0,17 | 0,44 | 1,95 |
| 251 | " | " | II 1550 ^o | 50,08 | — | 31,09 | 17,18 | 0,69 | 0,17 | 0,23 | 0,56 |
| 249 | " | " | II 1550 ^o | 53,95 | — | 30,45 | 13,98 | 0,87 | 0,09 | 0,21 | 0,45 |
| 919 | Stetten | " | II 1530 ^o | 46,15 | 1,20 | 32,87 | 16,46 | 1,62 | 0,52 | 1,09 | — |
| 268 | Lohn | " | II 1500 ^o | 51,71 | — | 31,95 | 14,07 | 1,42 | 0,12 | 0,53 | 0,20 |
| 920 | Stetten | " | I 1510 ^o | 44,12 | 2,31 | 34,29 | 18,29 | 0,50 | Spur | 0,35 | 0,14 |
| 252 | Lohn | " | II 1510 ^o | 50,72 | — | 32,13 | 16,19 | 0,34 | 0,40 | 0,22 | — |
| 266 | " | " | III 1430 ^o | 64,83 | — | 23,62 | 8,80 | 0,53 | 0,25 | 0,06 | 1,86 |
| 267 | " | hausrot | III 1410 ^o | 58,00 | — | 28,07 | 9,63 | 0,16 | — | 0,60 | 3,54 |

Diese meist äusserst zähen, plastischen und fetten Tone sind durchwegs sehr reich an Eisen in Form von feinverteiltem Limonit. Bemerkenswert ist der trotz dieses hohen Eisengehaltes auffallend hohe Schmelzpunkt dieser Tone, was neuerdings bestätigt, dass das Eisen nur in Form von Eisenoxydul, nicht aber als Eisenoxyd als Flussmittel wirkt.

Eine zweite Fundstätte für solche Bohnerztone, aber mit im allgemeinen etwas geringerm Tonerdegehalt ist der *Berner Jura*, im besondern das *Birstal* und die Umgebung von *Moutier*, *Delémont*, *Bonfol*. Hieher gehören:

| Kontroll-N ^o | Fundort | Brandfarbe | Ungef. Schmelzpunkt | Chemische Gesamtanalyse (berechnet auf gebrannten Zustand) | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|---|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|--------------------|----------|
| | | | | Si O ₂ | Ti O ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ca O | Mg O | Ca SO ₄ | Alkalien |
| 1528 | Moutier | fleischfarbig | II 1530 ^o | 77,95 | — | 16,08 | 5,31 | 0,35 | — | — | 0,31 |
| 1532 | Delémont | ziegelrot | II 1530 ^o | 47,31 | — | 32,46 | 18,74 | 1,10 | 0,11 | — | 0,28 |
| 1533 | " | " | II 1510 ^o | 48,05 | — | 31,02 | 19,48 | 0,15 | 0,26 | 1,04 | — |
| 1534 | " | " | II 1510 ^o | 46,16 | — | 39,54 | 13,21 | 0,52 | 0,15 | 0,42 | — |
| 1531 | Moutier | " | II 1470 ^o | 73,35 | — | 15,42 | 8,23 | 0,34 | 0,53 | 0,61 | 1,52 |
| 1613 | Pfeffinger Clus | hausrot | III 1470 ^o | 55,37 | 1,60 | 28,65 | 10,29 | 2,74 | 0,42 | 0,93 | — |
| 1526 | Moutier | " | III 1440 ^o | 62,41 | — | 20,41 | 13,67 | 0,28 | 0,55 | 0,48 | 2,20 |
| 1615 | Pfeffinger Clus | ziegelrot | II 1430 ^o | 50,98 | 1,40 | 26,71 | 14,14 | 5,12 | 0,53 | 0,82 | 0,30 |
| 1560 | Bonfol | " | II 1430 ^o | 75,07 | 0,71 | 14,04 | 7,85 | 0,09 | 0,21 | 0,59 | 1,44 |
| 1578 | " | hausrot | III 1410 ^o | 63,62 | 0,97 | 20,45 | 9,81 | 0,84 | 1,95 | 1,34 | 1,02 |

In dieser Gruppe sind besonders bemerkenswert die gleichzeitig sehr tonerde- und eisenreichen Materialien No. 1532, 1533 und 1534, die in den *L. v. Roll'schen* Eisenwerken in *Rondez* bei *Delsberg* bei der Wäsche der daselbst ausgebeuteten und im Eisenwerk *Choindex* verhütteten Bohnerze als Abfallprodukt in grosser Menge gewonnen werden. Es stellt dieses Produkt einen äusserst feinen hochplastischen Schlamm von rotbrauner Farbe dar, der aber auffallenderweise, wie übrigens auch die meisten übrigen Bohnerztoner, trotz seines beträchtlichen Gehalts an Tonerde, beim Brennen Ware von verhältnismässig geringer Verdichtung und Kohäsion ergibt, die zudem vielfach Neigung zu Sprödigkeit und Rissigkeit zeigt und daher zur Erzielung brauchbarer Produkte meist mit andern Materialien versetzt werden muss. Diese eigentümliche Eigenschaft der Bolustone rührt wahrscheinlich von ihrem bedeutenden Gehalt an Limonit her. Zwei weitere vereinzelte Vorkommen wurden noch im Aargau und Thurgau konstatiert. Sie haben folgende Zusammensetzung:

| Kontroll-N ^o | Fundort | Brandfarbe | Schmelzpunkt | Chemische Gesamtanalyse (berechnet auf gebrannten Zustand) | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|--------------|--------------|---|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|----------|
| | | | | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | CaSO ₄ | Alkalien |
| 1583 | Oberflachs (Aargau) | ziegelrot II | 1550° | 52,29 | 2,00 | 29,73 | 14,45 | 0,20 | 0,26 | 1,07 | — |
| 1504 | Diessenhofen (Thurg.) | „ II | 1530° | 49,46 | — | 32,53 | 16,92 | 1,09 | — | — | — |

Alle übrigen untersuchten Tone gehören hinsichtlich ihrer Schmelzbarkeit in die Klasse der gewöhnlichen Tone, die in mehr oder minder hoher Masse zur Fabrikation der verschiedenen Spezies von Irdenwaren geeignet sind. Von besonderem theoretischen Interesse wie auch praktischer Wichtigkeit ist es, die Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung der Tone und deren Schmelzpunkt zu ermitteln, insbesondere zu untersuchen, ob es möglich ist, den Schmelzpunkt eines Tones auf rechnerischem Wege aus seiner chemischen Zusammensetzung abzuleiten. Die Frage ist besonders wichtig für die feuerfesten Tone, bei welchen die Schmelzpunktbestimmung auf experimentellem Wege bekanntlich nur Annäherungswerte ergibt. Bis in die neueste Zeit haben die daherigen Bestrebungen zu keinem befriedigenden Resultate geführt. Erst die Arbeiten von *Ludwig**) haben hier neuere Gesichtspunkte eröffnet.

Ludwig geht von dem Lehrsatz der physikalischen Chemie aus, dass eine gleiche Anzahl von Molekülen (d. h. äquimolekulare Mengen) verschiedener Stoffe in der gleichen Menge des gleichen Lösungsmittels (hier also der Silikatschmelze) den Erstarrungspunkt (oder was dasselbe ist den Schmelzpunkt) um gleiche Beträge erniedrigen. Dieses Gesetz gilt nicht nur für die Basen wie Kalk, Magnesia etc., sondern für alle in der Silikatschmelze löslichen Stoffe, gleichviel ob dieselben Säuren oder Basen sind.

Wenn man also aus der chemischen Zusammensetzung auf die Schmelzbarkeit schliessen will, so darf nicht mit der gewichtsprozentischen Zusammensetzung des Tones gerechnet werden, sondern es ist die gewöhnliche Formel auf die Molekularformel umzurechnen. Zu dem Zweck sind die betreffenden Prozentzahlen durch die respektiven

*) Tonindustriezeitung. Jahrgang 1904, No. 63. „Über Beziehungen zwischen der Schmelzbarkeit und der chemischen Zusammensetzung der Tone.“

Molekulargewichte zu dividieren, also die Tonerdezahl durch 102, die Kieselsäure durch 60 etc. Da es aber nur auf das gegenseitige Mengenverhältnis der einzelnen Bestandteile ankommt, so dividiert man die einzelnen Werte der Molekularformel durch den für die Tonerde gefundenen Wert, mit andern Worten, es wird die Menge aller Bestandteile des Tons auf den Wert von $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1$ bezogen. Nachdem nun nach dem *Richter'schen* Grundsatz gleiche Moleküle der Flussmittel gleiche Schmelzwirkung ausüben, so geht *Ludwig* noch einen Schritt weiter, indem er schliesslich die Verhältniszahlen der Flussmittel addiert.

Bezeichnet man mit RO die Summe der Flussmittel (gleichviel ob Basen oder nicht), so kann man jede Gesamtanalyse auf die Summenformel $\text{Al}_2\text{O}_3 + m \text{SiO}_2 + n \text{RO}$ ausrechnen. Hat man nun eine Reihe verschiedener Tone, so kann man zwei Kurven aufstellen, die eine für den Kieselsäure-, die andere für den Flussmittelgehalt und diese mit der Kurve der auf experimentellem Wege ermittelten Schmelzbarkeit vergleichen. Eine solche graphische Darstellung wäre aber noch nicht übersichtlich und genügend klar. Besser verfährt man wie folgt: Da obiger Ausdruck nur 2 veränderliche Zahlen enthält, so kann man ihn auch — stets den Ausführungen von *Ludwig* folgend — als Punkt eines Koordinatensystems darstellen, indem man als Abszisse den Kieselsäuregehalt, als Ordinate die Summe der Flussmittel aufträgt. Im weitern hat *Ludwig* auf Grund der chemischen Zusammensetzung und der Schmelzpunkte der *Sege*rkegel, deren Lage im Koordinatensystem ebenfalls festgesetzt, andererseits für Mischungen von reinem Kaolin mit langsam steigendem Prozentsatz an Flussmitteln für jeden Schmelzbarkeitsgrad einen zweiten festen Punkt ermittelt. Diese Punkte verbindet er durch Gerade, die sog. „Isotectischen Linien“, deren Punkte demnach jeweiligen Materialien gleicher Schmelzbarkeit entsprechen.

Hat man also einen beliebigen Ton, dessen chemische Gesamtanalyse bekannt ist, so kann man ihn nach Umrechnung auf die Summenformel in das Koordinatensystem einordnen und aus seiner Lage mit Bezug auf die isotectischen Linien seinen Schmelzpunkt herausfinden oder mit dem experimentell ermittelten vergleichen. *Ludwig* hat eine grosse Anzahl Tone in dieser Weise umgerechnet und in der Mehrzahl der Fälle eine recht befriedigende Übereinstimmung zwischen dem theoretischen und wirklichen Schmelzpunkt gefunden. Die ganze Methode erleidet aber dadurch gewisse Beschränkungen, dass das physikalische Gesetz, auf das sie sich aufbaut, nur für verdünnte Lösungen gilt, d. h. im vorliegenden Fall nur für Tone mit einem sehr geringen Gehalt an Flussmitteln, also die eigentlichen feuerfesten Tone; es gilt aber nicht für alle gewöhnlichen Ziegler- und Töpfertone, die zufolge ihres erheblichen Eisen-, Kalk- und Magnesiagehalts sehr niedrige Schmelzpunkte aufweisen.

Wir haben dies auch an einer Auswahl von 178 Tönen mit steigendem Schmelzpunkt von 1150—1410° festgestellt, die auf die *Ludwig'sche* Summenformel berechnet durch Punkte im Koordinatensystem dargestellt wurden (Tafel IV). Betrachten wir diese Darstellung, so können wir keinerlei charakteristische Gruppierung der Tone von gleicher Schmelzbarkeit herausfinden. Im Sinne der von *Ludwig* gefundenen Beziehungen für die Edeltone sollten die Punkte gleicher Schmelzbarkeit auf einer Geraden oder wenigstens in der Nähe einer solchen liegen. Ein Blick auf die graphische Darstellung lässt uns jedoch kein derartiges Liniensystem, noch eine andere Gesetzmässigkeit in der Gruppierung der Schmelzpunkte erkennen.

Schlusswort.

Um das durch die vorliegende Untersuchung gewonnene, weitschichtige Untersuchungsmaterial richtig bewerten zu können und die Resultate der Untersuchung summarisch zusammenzufassen, müssen wir diese von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachten, einmal vom statistisch-volkswirtschaftlichen, andererseits vom technisch-wissenschaftlichen Standpunkt. Mit Bezug auf erstern Gesichtspunkt bezweckte die Untersuchung in möglichst umfassender und eingehender Weise festzustellen, welche Tonvarietäten unser Land überhaupt besitzt und in welchem Umfang sie vorkommen. Hinsichtlich der wissenschaftlich-technischen Seite ruft die Untersuchung nach einer kurzen kritischen Beleuchtung der angewandten Untersuchungsmethoden, im besondern nach Beantwortung der Fragen: Welche Untersuchungsmethoden sind notwendig, um einen beliebigen Ton hinsichtlich seiner Eignung für die verschiedenen Erzeugnisse der keramischen Industrie genau zu kennzeichnen? Geben die derzeit üblichen Untersuchungsmethoden die gewünschten Auskünfte mit voller Sicherheit und Genauigkeit oder sind sie verbesserungsfähig und nach welcher Richtung? Welcher Zusammenhang besteht zwischen den durch diese Untersuchungsmethoden festgestellten petrographischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften der Tone?

Der statistische Teil der Untersuchung hat seine Erledigung bereits in Abschnitt IV *h* dieser Abhandlung gefunden, in welchem auf Grund der pyrometrischen Untersuchungen eine Klassifikation der untersuchten 863 Tonproben versucht wurde. Dass mit dieser Zahl sämtliche Tonvorkommen der Schweiz erschöpft seien, ist nun allerdings nicht der Fall; denn die Untersuchungen der Schweiz. Geotechnischen Kommission konnten sich natürlich bloss auf die bereits in Ausbeutung begriffenen oder sonst frei zu Tage tretenden und ohne besondere technische Hilfsmittel (wie Grabungen, Bohrungen) leicht zugänglichen Tonvorkommen erstrecken.

Wenn wir im Weiteren von der Gruppe der Tonschiefer und Schiefertone absehen, die nicht in den Bereich unserer Untersuchung gezogen wurden, so muss festgestellt werden, dass die Mannigfaltigkeit der schweizerischen Tone im Vergleich zu der anderer und speziell der uns benachbarten Länder als eine recht beschränkte zu bezeichnen ist. Vor allem fehlen uns die sogenannten „Edeltone“, d. h. die kaolinartigen, hoch tonerhaltigen und feuerfesten, von Verunreinigungen freien und daher durch rein weisse Brandfarbe ausgezeichneten Tonsorten, die gerade in unsern Nachbarländern in ausgedehntem Mass vorkommen und daselbst die Industrien des Porzellans und der feinern Steinzeugwaren zu so hoher Entwicklung und Blüte gebracht, fast vollständig.

Ebenso ist das Vorkommen der gewöhnlichen feuerfesten Tone, die zwar durch verhältnismässig hohe Schmelzbarkeit, aber unreine Brandfarbe gekennzeichnet sind und in unsern Nachbarländern in grossem Maßstab zur Herstellung von feuerfesten Produkten wie Muffeln, Kapseln, Tiegeln, vor allem aber zur Herstellung von Chamottesteinen für die

so mannigfaltigen Ofenkonstruktionen der gesamten keramischen, Zement-, Glas- und metallurgischen Industrie dienen, bei uns ein sehr beschränktes. Bloss an zwei Fundstellen — *Moutier* im Berner Jura und *Lausen* in Baselland — vermochte dieses Vorkommen zu einer, wenn auch in bescheidenen Grenzen sich bewegenden Industrie feuerfester Steine zu führen, die aber in ihren Rohmaterialien zum Teil immer noch auf das Ausland angewiesen ist, da die einheimischen Materialien — meist Huppererde — zu wenig Bindekraft besitzen, bezw. zu wenig Tonsubstanz enthalten.

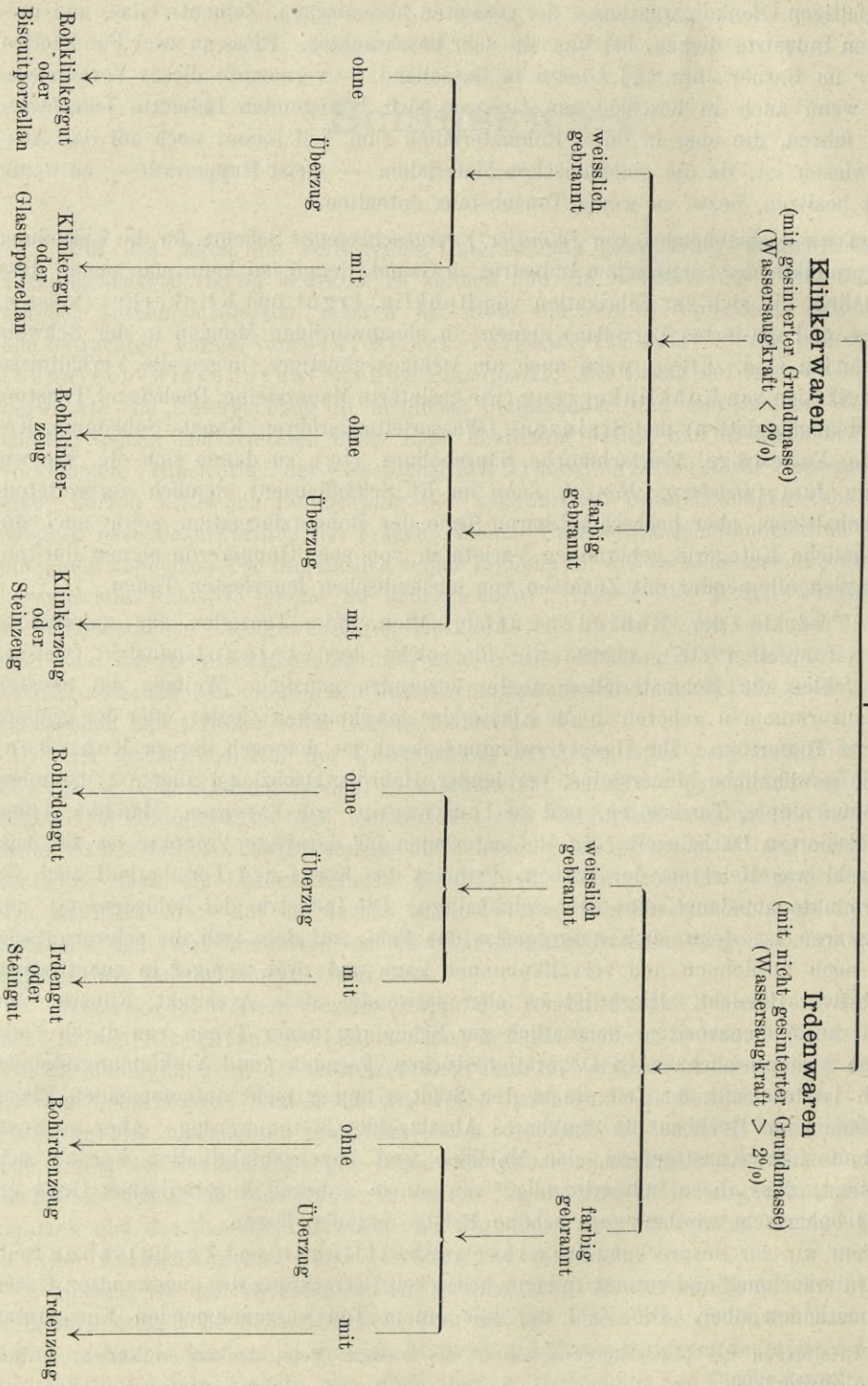
Wenn wir nachstehendes, von *Tetmajer**) vorgeschlagenes Schema, für die Einteilung der Fertigprodukte der keramischen Industrie zu Grunde legen, so kann man sagen, dass Rohmaterialien, die sich zur Fabrikation von Rohklinkergut und Klinkergut (weisses, unglasiertes und glasiertes Porzellan) eignen, in abbauwürdigen Mengen in der Schweiz nicht vorhanden sind. Etwas, wenn auch um weniges günstiger, liegen die Verhältnisse für die Fabrikation von Rohklinkerzeug (wie gesinterte Mauersteine, Dachziegel, Pflastersteine, Bodenbelagplatten) und Steinzeug (Wasserleitungsröhren, Kanal-, Sohlsteine, Kaminansätze, Futtertröge, Abortschläuche, Säureballons, etc.), zu denen sich die, wie wir gesehen im Jura (*Delsberg*, *Bonfol*, *Lohn* im Kt. Schaffhausen) ziemlich verbreiteten, stark eisenhaltigen, aber hochschmelzbaren Tone der Bohnerzformation, sowie auch die in die nämliche Kategorie gehörenden Varietäten von sog. Huppererde eignen dürften, sei es für sich allein oder mit Zusätzen von ausländischen feuerfesten Tonen.

Für Produkte der Rohirdengutfabrikation (wie Tonzellen für galvanische Elemente, Tonpfeifen etc.), ebenso wie für solche der Steingutindustrie (weisses Geschirr) fehlen die Rohmaterialien wieder sozusagen gänzlich. Weitaus die meisten unserer Tonvorkommen gehören in die Klasse der gewöhnlichen Ziegler- oder der gröbern und feinern Töpfertone. Ihr Hauptverwendungszweck ist demnach der zu Rohirdenzeug, wie gewöhnliche Mauersteine, Verblender, Hourdis, Dachziegel aller Art, Drainier- röhren, Blumentöpfe, Terracotten, und zu Irdenzeug, wie Fayencen, Majolika, Ofenkacheln, glasierten Dachziegeln. In Rohmaterialien für derartige Produkte ist die Auswahl, sowohl was Reichtum der Farben, Feinheit des Kornes und Formbarkeit auch für feinere Produkte anbelangt, eine sehr reichhaltige. Die Industrie der Rohirdenzeug- und Irdenzeugwaren ist denn auch naturgemäss das Feld, auf dem sich die schweizerische Keramik noch ausdehnen und vervollkommen kann und zwar weniger in quantitativer als qualitativer Hinsicht. Hiezu ist es aber notwendig, dass Architekt, Künstler und Keramiker zusammenarbeiten, namentlich zur Schöpfung neuer Typen von durch Form und Farbe sich auszeichnenden Dekorationsstücken, Façaden- und Verkleidungssteinen, für welche letztere mit der Zeit die in den Städten immer mehr aufkommenden Eisenkonstruktionen im Hochbau ein dankbares Absatzgebiet bieten werden. Aber auch auf dem Gebiete der Kunsttöpferei, der Majolika- und Fayencenfabrikation werden sich, vorausgesetzt, dass diese Industriezweige von einem wahrhaft künstlerischen Geist geleitet und beherrscht werden, noch schöne Erfolge erzielen lassen.

Gehen wir zur Besprechung der wissenschaftlichen und technischen Seite unserer Untersuchung und vorerst zu einer kritischen Betrachtung der angewandten Untersuchungsmethoden über. Die Zahl der mit einem Ton vorzunehmenden Einzelunter-

*) Mitteilungen der Materialprüfungsanstalt am schweiz. Polytechnikum in Zürich, I. Heft, 3. Auflage. Zürich 1900.

Tonwaren.



suchungen richtet sich selbstverständlich ganz nach dem Zweck, den man mit einer solchen Untersuchung verfolgt. Handelt es sich einfach darum, zu entscheiden, in welche Hauptklasse von Tönen (Zieglerton, feuerfeste Tone, Edeltöne) ein Material von noch unbekanntem Eigenschaften gehört, so genügt dazu nebst einer äusserlichen Beschreibung eine Brandprobe und eine Schmelzpunktbestimmung. Will man sich aber in Hinsicht auf seine technische Verwertung von seinen Eigenschaften ein vollständig genaues Bild machen, so ist damit eine umfassende Untersuchung vorzunehmen, d. h. es sind damit unter den nachstehend noch zu erläuternden Vorbehalten alle jene Bestimmungen auszuführen, wie sie bei unsern Untersuchungen ausgeführt wurden. Ohne jede Einschränkung und in der bisher angewandten und bewährten Form wären folgende Bestimmungen auszuführen:

- Die Wasserbindefähigkeit des ungebrannten Materials (Wassergehalt bis Normalkonsistenz);
- die Plastizitätsverhältnisse;
- die Trockenschwindung;
- die Brandfarbe;
- Spezifisches Gewicht und Raumgewicht;
- Absolute und scheinbare Porosität;
- Wassersaugvermögen;
- der Gehalt an löslichen Salzen;
- die Neigung zu Ausblühungen (Tränkversuch).

Die chemische Gesamtanalyse, wie auch die rationelle Analyse, sind als Methoden zur Wertschätzung der Tone vielfach überschätzt worden; doch konnte bei unsern Untersuchungen, die neben einem statistisch-volkswirtschaftlichen, insbesondere auch einen wissenschaftlichen Zweck verfolgten, nicht darauf verzichtet werden. Bei rein technischen Untersuchungen, wie sie die tägliche Praxis bietet, kann man sie in der Regel entbehren, weil alle jene Folgerungen, die man aus der chemischen Zusammensetzung ableiten will, wie Brandfarbe und pyrometrische Verhältnisse, in den so wie so nicht zu umgehenden technologischen Bestimmungen in viel zutreffenderer und unzweideutiger Weise zum Ausdruck kommen. Die chemische Gesamtanalyse ist zweifellos nur von grösserer Bedeutung bei den Edeltönen; bei den gewöhnlichen Ziegler- und Töpfer-tonen kann sie nur als sekundäres Hilfsmittel, in Handelsfragen, bei vergleichenden Untersuchungen unter sich sonst ähnlichen Tönen etc., eine gewisse Bedeutung erlangen. Viel wichtiger als die chemische Analyse eines Tones sind mit Bezug auf das äussere Ansehen, die Struktur, Porosität und Festigkeit des gebrannten Materials seine Korngrösseverhältnisse. Man weiss wie Kalk- und Mergelknöllchen oder Pyritkrystalle, sofern sie eine gewisse Korngrösse übersteigen, am gebrannten Material, sei es zu Absprengungen, sei es zu schwärzlichen Flecken Veranlassung geben, wie diese Nachteile aber nicht auftreten oder zum mindesten verringert werden, wenn das Rohmaterial eine hinreichende Kornfeinheit — etwa unter 0,5 mm — besitzt; es ist auch bekannt, dass grobkörnige Materialien die Porosität und Wassersaugkraft des Materials vermehren und seine Kohäsion ebenso sehr vermindern. Von diesem Standpunkt aus ist bei jeder Tonprüfung eine Sichtung des Rohmaterials auf nassem

Weg in mindestens zwei Korngrößen notwendig. Will man ein mehreres tun, so kann man die beiden erhaltenen Produkte noch, wie es bei unserer Untersuchung geschah, der verbesserten rationellen (kombinierten) Analyse unterwerfen.

Die wichtigste Probe bei allen Tonuntersuchungen ist aber das pyrometrische Verhalten, umfassend die Bestimmung der Brandschwindung, Brandfarbe, Sinterungs-, Erweichungs- und Dichtigkeitsverhältnisse. Zur Charakterisierung eines Tones genügt es aber nicht, diese Verhältnisse bloss für eine bestimmte Temperaturstufe zu ermitteln, sondern sie sind an einer Stufenleiter von mindestens 4—6 Temperaturen zu verfolgen, woraus sich dann die Ermittlung der für jeden Ton so wichtigen vier Punkte: Garbrandtemperatur, Deformations-, Sinter- und Schmelzpunkt ergibt, wie dies in Abschnitt II einlässlich dargelegt worden ist.

Bei Ermittlung der Festigkeitsverhältnisse des bei Garbrandtemperatur gebrannten Materials ist, wie bereits auf Seite 47 erwähnt, zu erwägen, ob nicht in Zukunft an Stelle der Druckfestigkeit, die bis dato an den am Strang erzeugten würfelförmigen Probekörpern ermittelt wurde, die Bestimmung der Biegefestigkeit zu setzen wäre und zwar zu ermitteln an plattenförmigen Probekörpern, welche — und das wäre der Vorteil des Verfahrens — stets genau unter demselben Druck erzeugt werden könnten. Auf diese Weise wäre es möglich, Probekörper von durchwegs homogenen Struktur- und Kohäsionsverhältnissen zu bekommen, während wir gesehen, dass bei den bisherigen Druckversuchen bei ein- und demselben Material die Einzelresultate oft ganz erhebliche Abweichungen zeigen, was nicht auf ungenügende Homogenisierung des Rohmaterials oder ungleichmässigen Brand, sondern vielmehr auf ungleichmässige Struktur, hervorgerufen durch die schneckenförmige Bewegung und ungleichmässige Komprimierung des Materials bei der Formgebung im Tonschneider zurückzuführen sein dürfte.

Eine Bestimmung, die wir bei unsern Untersuchungen weggelassen, die aber sowohl ein wissenschaftliches Interesse bietet, wie auch von praktischer Bedeutung sein kann, ist die Ermittlung der Druck- oder Biegefestigkeit des lufttrockenen Materials; vom wissenschaftlichen Standpunkt aus interessant im Zusammenhang mit Korngrösse, Schwindung und Plastizität, praktisch von Bedeutung, weil sie für das Verhalten des lufttrockenen Materials beim Manipulieren mit demselben in den Fabriken wertvolle Winke erteilt.

Es bot natürlich vom wissenschaftlichen Standpunkt aus ein hohes Interesse, zu untersuchen, in welchem Zusammenhang die wichtigsten chemischen und physikalischen Eigenschaften der Tone untereinander stehen und es sind jeweilen in den vorhergehenden Kapiteln einlässliche Betrachtungen über die einschlägigen Punkte angestellt worden.

Aus diesen Untersuchungen geht als charakteristische und auf den ersten Blick einermassen befremdende Tatsache hervor, dass von einer strengen Gesetzmässigkeit in den gegenseitigen Beziehungen zwischen chemischen, physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Tone nicht wohl gesprochen werden kann, wenn schon in manchen Fällen ein Zusammenhang unverkennbar ist. Diese Erscheinung kann aber im Grunde genommen nicht überraschen, wenn wir bedenken, welch überaus komplizierte Gebilde und Agglo-

merate die weitaus meisten der von uns untersuchten Ziegler Tone darstellen. In ihrer überwiegenden Mehrzahl Tone auf sekundärer Lagerstätte, enthalten sie im Maximum bloss 68,28% Tonsubstanz, meist aber viel weniger (bis 5,88%), daneben Reste des Muttergesteins in allen Stadien der Verwitterung, vermengt, je nach den lokalen Verhältnissen, mit allen möglichen unorganischen und organischen Verunreinigungen und Gesteinstrümmern, wie Eisenoxydhydrat, Pyrit, Kalk- und Mergelknöllchen, feinstverteiltem, kreideartigem Calcium- und Magnesiumkarbonat, Gyps, Feldspath in verschiedenen Formen, Quarzsand, Glimmer, Hornblende, Augit, Bitumen, pflanzlichen Überresten u. s. w. Es ist wiederholt darauf hingewiesen worden, wie angesichts dieser Verhältnisse, chemische Elementaranalyse und selbst — wenn auch in wesentlich geringerm Masse — die verbesserte rationelle Analyse von der eigentlichen Konstitution eines Tones nur ein recht unvollständiges Bild geben können. Daraus geht aber auch ohne weiteres hervor, wie gewagt es wäre, aus der Elementaranalyse eines Tones ganz bestimmte Schlüsse auf seine physikalischen und mechanischen Eigenschaften zu ziehen; denn diese werden bedingt durch die Natur und das gegenseitige Mengenverhältnis der einzelnen Mineralkomponenten, deren Korngrösse, Kornbeschaffenheit und Verwitterungsgrad, ihre physikalische und chemische Affinität gegen Wasser und schliesslich ihr Verhalten bei höherer Temperatur, sowohl für sich allein, als in ihrer gegenseitigen chemischen Wechselwirkung untereinander. Alle diese Eigenschaften sind aber schon für die einzelnen Mineralkomponenten der Tone und vor allem deren Hauptbestandteil, die reine Tonsubstanz selber, noch sehr unvollständig erforscht und es ist ohne weiteres verständlich, welche verwickelte Verhältnisse erst bei gleichzeitigem Auftreten mehrerer Bestandteile auftreten müssen. Unter diesen Gesichtspunkten wird uns das, wenn man so sagen darf individuelle, den Erwartungen so oft widersprechende Verhalten vieler Tone verständlich. Erst wenn es uns gelingt, einen Ton nach seiner petrographischen Zusammensetzung qualitativ und quantitativ genau zu analysieren, erst wenn wir einmal die physikalischen Eigenschaften seiner einzelnen Mineralkomponenten genau kennen, dürfte es uns gelingen, wenigstens bis zu einem gewissen Grad, seine technologischen Eigenschaften vorauszubestimmen und genauere gesetzmässige Beziehungen zwischen diesen Eigenschaften aufzustellen.



Anmerkung.

Die nachstehend verzeichneten, im geologischen Teil erwähnten Nummern wurden technologisch nicht untersucht und zwar:

| | | | |
|----------------------|---|--|---|
| N ^o 725 a | } | weil keine Proben an die Materialprüfungsanstalt eingesandt wurden. | |
| „ 725 b | | | |
| „ 725 c | | | |
| „ 725 d | | | |
| „ XI 1535 | } | weil nach Angabe des Geologen kein Naturprodukt, sondern ein künstlich aufbereitetes Material. | |
| „ 739 | | | |
| „ 1524 | } | weil keine Tone, sondern ausgesprochene Quarzsande. | |
| „ 1527 | | | |
| „ 1701 | | | weil nicht abbauwürdig. |
| „ 1706 | | | weil eingesandte Menge Material ungenügend. |

Plastizitätsverhältnisse.

Magere Tone

mit minimalen Plastizitätskoeffizienten.

| No des Tones | Pla- stizitäts- Coeffi- zient | Resultate der chem.-mech. Analyse | | | H ₂ O Ge- halt bei Normal- konsistenz % | Total- Schwin- dung % | Druck- festigkeit kg/cm ² im trockenen Zustande | Brandfarbe | |
|--------------------|--|---|--|------------------|--|--------------------------------|---|---------------|-----|
| | | Quarzsand u. unverwitt. Muttergestein | Carbonate von Kalk, Magnesia; Gips und Eisen | Ton- Substanz | | | | | |
| 912 | 1 | 81,36 | 8,70 | 9,40 | 18,50 | 7,1 | 297 | Hausrot | III |
| 1604 | 2 | 75,11 | 9,58 | 15,16 | 22,01 | 6,8 | 571 | Lederfarbig | II |
| 1542 | 2 | 79,52 | 2,80 | 17,46 | 13,42 | 2,4 | 106 | Weiss | |
| 1549 | 2 | 82,30 | 4,47 | 13,07 | 13,97 | 4,2 | 416 | Lederfarbig | II |
| 1503 | 2 | 72,30 | 10,89 | 16,78 | 18,45 | 7,1 | 496 | Hausrot | III |
| 1430 | 2 | 81,30 | 8,21 | 10,36 | 19,72 | 5,4 | 240 | „ | III |
| 1411 | 2 | 75,20 | 7,34 | 17,20 | 21,13 | 7,0 | 671 | „ | III |
| 1600 | 3 | 45,59 | 37,20 | 17,11 | 24,52 | 4,9 | 196 | Holzfarbe | II |
| 1538 | 3 | 75,10 | 4,09 | 20,75 | 12,98 | 3,1 | 91 | Lederfarbig | II |
| 1521 | 3 | 77,99 | 7,39 | 16,51 | 19,82 | 7,2 | 496 | Ziegelrot | II |
| 1403 | 3 | 59,91 | 25,27 | 14,54 | 20,84 | 4,3 | 316 | Holzfarbe | II |
| 1108 | 3 | 51,76 | 37,48 | 10,70 | 16,82 | 2,9 | 370 | „ | II |
| 1551 | 3 | 71,68 | 10,82 | 17,45 | 22,05 | 10,1 | 556 | Hausrot | III |
| 1732 | 3 | 74,83 | 15,50 | 9,62 | 20,45 | 5,0 | 165 | „ | III |
| 1607 | 3 | 42,24 | 40,17 | 17,53 | 22,17 | 5,7 | 464 | „ | III |
| 1568 | 4 | 77,81 | 7,99 | 14,12 | 21,60 | 6,6 | 510 | „ | III |
| 1433 | 4 | 66,34 | 12,22 | 21,07 | 32,91 | 11,5 | 219 | Lederfarbig | II |
| 1556 | 4 | 73,30 | 10,74 | 15,88 | 21,22 | 5,8 | 481 | Ziegelrot | I |
| 2009 | 4 | 75,97 | 5,39 | 18,35 | 22,48 | 7,2 | 952 | Holzfarbe | II |
| 1518 | 5 | 38,29 | 45,40 | 16,11 | 18,57 | 2,3 | 206 | Fleischfarbig | I |
| 1202 | 6 | 70,90 | 10,38 | 18,15 | 21,50 | 6,5 | 530 | Weissgelb | |
| 1418 | 6 | 56,74 | 46,05 | 17,04 | 21,09 | 7,5 | 536 | Stumpfocker | III |
| 931 | 7 | 68,09 | 13,61 | 18,21 | 20,70 | 5,7 | 515 | Hausrot | III |
| 1515 | 7 | 71,41 | 6,79 | 20,95 | 20,72 | 10,4 | 703 | „ | III |
| 2014 | 7 | 63,59 | 19,39 | 19,39 | 20,63 | 5,5 | 435 | Fleischfarbig | II |
| Mittel | 4 | 68,35 | 16,31 | 16,12 | 20,33 | 6,0 | 421 | | |

Tabelle I.

Fette Tone

mit maximalen Plastizitätskoeffizienten.

| No des Tones | Pla- stizitäts- Coeffi- zient | Resultate der chem.-mech. Analyse | | | H ₂ O Ge- halt bei Normal- konsistenz % | Total- Schwin- dung % | Druck- festigkeit kg/cm ² im trockenen Zustande | Brandfarbe | |
|--------------------|--|---|--|------------------|--|--------------------------------|---|---------------|-----|
| | | Quarzsand u. unverwitt. Muttergestein | Carbonate von Kalk, Magnesia; Gips und Eisen | Ton- Substanz | | | | | |
| 909 | 182 | 23,42 | 47,08 | 28,70 | 20,20 | 8,1 | 1121 | Stumpfocker | III |
| 920 | 165 | 43,58 | 8,05 | 48,06 | 20,30 | 8,3 | stark rissig | Ziegelrot | II |
| 1514 | 163 | 38,45 | 37,18 | 24,37 | 22,46 | 7,3 | 1146 | Weissgelb | |
| 1532 | 161 | 34,23 | 17,46 | 47,89 | 18,81 | 8,4 | Stark rissig | Ziegelrot | II |
| 2002 | 158 | 42,31 | 36,88 | 20,78 | 22,65 | 7,0 | 737 | Stumpfocker | III |
| 1501 | 154 | 36,75 | 40,01 | 23,18 | 22,28 | 9,3 | 566 | Weissgelb | |
| 1534 | 150 | 37,95 | 9,43 | 52,40 | 20,02 | 8,7 | Stark rissig | Ziegelrot | II |
| 1522 | 147 | 40,12 | 33,00 | 26,59 | 24,68 | 7,5 | 713 | Weissgelb | |
| 2008 | 144 | 37,35 | 45,40 | 17,12 | 20,82 | 7,3 | 689 | Stumpfocker | III |
| 2015 | 140 | 46,47 | 30,16 | 23,25 | 25,00 | 7,1 | 358 | Fleischfarbig | II |
| 1800 | 137 | 35,92 | 38,79 | 25,23 | 19,36 | 4,7 | 816 | Stumpfocker | III |
| 1507 | 137 | 35,36 | 51,79 | 12,75 | 20,62 | 8,2 | 588 | „ | III |
| 2001 | 134 | 41,97 | 37,20 | 20,81 | 21,25 | 7,0 | 678 | Weissgelb | |
| 2007 | 128 | 41,39 | 39,69 | 18,64 | 21,88 | 7,8 | 807 | Stumpfocker | III |
| 1539 | 124 | 69,12 | 2,34 | 28,44 | 18,03 | 5,7 | 181 | Weiss | |
| 1526 | 122 | 55,61 | 4,17 | 40,17 | 23,44 | 10,3 | 2294 | Hausrot | III |
| 1525 | 119 | 64,00 | 1,50 | 34,44 | 20,30 | 6,0 | 355 | Weiss | |
| 1413 | 118 | 38,38 | 44,73 | 16,80 | 21,01 | 7,9 | 343 | Stumpfocker | III |
| 738 | 118 | 63,49 | 11,19 | 24,90 | 27,00 | 14,7 | 1041 | Ziegelrot | III |
| 908 | 117 | 28,21 | 50,07 | 21,11 | 20,00 | 7,4 | 831 | Weissgelb | |
| 914 | 116 | 40,25 | 51,08 | 8,20 | 20,50 | 6,5 | 518 | Stumpfocker | III |
| 916 | 115 | 30,56 | 40,83 | 28,46 | 23,10 | 8,5 | 549 | Holzfarbe | II |
| 905 | 115 | 36,30 | 44,87 | 16,97 | 20,60 | 8,2 | 710 | „ | II |
| 1431 | 109 | 35,06 | 49,62 | 15,23 | 19,65 | 3,8 | 253 | Stumpfocker | III |
| 921 | 104 | 40,51 | 43,80 | 15,47 | 20,01 | 5,0 | 489 | Holzfarbe | II |
| | 135 | 41,47 | 32,65 | 25,59 | 21,36 | 7,6 | 717 | | |

Dichtigkeitsverhältnisse.

Tone mit maximaler

| No des Tones | Wasser- saug- kraft in % | Porosität | | Gehalt des gebrannten Materials an: | | | | | Schlämmanalyse | |
|--------------------|-----------------------------------|-----------|-----------------|-------------------------------------|-------|-------|-----------|--------------------------------|----------------|-------|
| | | absolute | schein- bare | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | CaO + MgO | Fe ₂ O ₃ | Ton | Sand |
| 414 | 46,2 | 58 | 58 | 12,14 | 23,07 | 7,06 | 30,13 | 4,12 | 78,65 | 21,35 |
| 30 | 44,7 | 55 | 55 | 9,64 | 26,30 | 0,79 | 27,09 | 3,47 | 41,53 | 58,47 |
| 456 | 43,4 | 57 | 55 | 7,62 | 25,46 | 7,15 | 32,61 | 5,65 | 69,01 | 30,99 |
| 515 | 40,4 | 55 | 55 | 11,04 | 30,48 | 7,44 | 37,92 | 5,52 | 95,75 | 4,25 |
| 462 | 40,2 | 54 | 53 | 14,06 | 19,29 | 5,13 | 24,42 | 5,98 | 87,24 | 12,76 |
| 118 | 39,8 | 54 | 54 | 12,73 | 20,96 | 13,46 | 34,42 | 5,90 | 70,40 | 29,60 |
| 417 | 39,8 | 54 | 53 | 10,51 | 24,99 | 6,22 | 31,21 | 0,94 | 75,43 | 24,57 |
| 419 | 39,7 | 54 | 54 | 14,11 | 27,85 | 5,40 | 33,25 | 4,48 | 94,51 | 5,49 |
| 219 | 39,3 | 53 | 53 | 10,00 | 27,25 | 1,36 | 28,61 | 5,88 | 78,75 | 21,25 |
| 514 | 39,0 | 55 | 55 | 10,89 | 29,10 | 7,27 | 36,37 | 6,55 | 96,02 | 3,98 |
| 51 | 38,5 | 53 | 53 | 15,19 | 30,10 | 2,47 | 32,57 | 3,60 | 73,56 | 26,44 |
| 48 | 38,3 | 53 | 53 | 15,45 | 30,95 | 2,89 | 33,84 | 3,99 | 79,62 | 20,38 |
| 418 | 37,9 | 53 | 53 | 13,22 | 28,00 | 5,26 | 33,26 | 4,48 | 87,58 | 12,42 |
| 47 | 37,4 | 53 | 53 | 13,48 | 31,24 | 4,76 | 36,00 | 3,17 | 83,33 | 16,67 |
| 27 | 36,9 | 53 | 51 | 18,45 | 23,42 | 3,38 | 26,80 | 5,49 | 91,64 | 8,36 |
| 482 | 36,4 | 51 | 50 | 23,32 | 11,82 | 2,92 | 14,74 | 5,87 | 50,40 | 49,60 |
| 413 | 36,2 | 51 | 50 | 11,31 | 20,68 | 7,05 | 27,73 | 4,25 | 69,35 | 30,65 |
| 522 | 36,0 | 52 | 51 | 15,38 | 23,92 | 4,65 | 28,57 | 5,82 | 93,08 | 6,92 |
| 28 | 36,0 | 52 | 52 | 15,22 | 24,87 | 3,56 | 28,43 | 4,48 | 94,21 | 5,79 |
| 504 | 35,9 | 52 | 49 | 9,34 | 23,47 | 6,89 | 30,36 | 3,70 | 46,35 | 53,65 |
| 404 | 35,9 | 53 | 46 | 8,53 | 26,65 | 6,76 | 33,41 | 2,93 | 53,07 | 46,93 |
| 486 | 35,8 | 53 | 48 | 20,52 | 12,64 | 2,81 | 15,45 | 6,62 | 61,70 | 38,30 |
| 36 | 35,7 | 50 | 50 | 8,92 | 21,21 | 5,81 | 27,02 | 2,73 | 36,50 | 63,50 |
| 201 | 35,7 | 51 | 51 | 12,10 | 24,43 | 4,39 | 28,82 | 5,77 | 86,07 | 13,93 |
| 271 | 35,4 | 51 | 51 | 12,20 | 21,12 | 3,36 | 24,48 | 4,34 | 69,85 | 30,15 |
| Mittel | 38,4 | 53 | 52 | 13,01 | 24,37 | 5,13 | 29,50 | 4,63 | 74,54 | 25,46 |

Tabelle III.

Wassersaugfähigkeit.

| Ungefähre Brand- tempera- tur in °C | Brandfarbe | Äussere Beschaffenheit | Druck- festigkeit kg/cm ² trocken | Schwindung | | |
|--|------------------|------------------------|---|------------|--------|-------|
| | | | | Trocken | Brand | Total |
| 1050 | Annähernd weiss | Ohne Sinterung | 143 | 6,9 | 0,9 | 7,7 |
| 1050 | Holzfarbe II | .. | 36 | 2,0 | + 1,4 | 0,4 |
| 1050 | Stumpfocker III | .. | 51 | 3,5 | + 1,4 | 2,0 |
| 1050 | Weiss | .. | 163 | 7,1 | 0,3 | 7,4 |
| 1050 | Stumpfocker III | .. | 197 | 6,9 | 0,1 | 7,0 |
| 1050 | Holzfarbe II | .. | 200 | 3,7 | 0,2 | 3,9 |
| 1050 | Stumpfocker III | .. | 208 | 4,7 | + 0,7 | 4,0 |
| 1050 | .. | III | 249 | 5,9 | 0,4 | 6,2 |
| 1030 | .. | III | 141 | 2,3 | + 0,8 | 1,5 |
| 1050 | Weiss | .. | 188 | 7,1 | 0,5 | 7,6 |
| 1050 | Stumpfocker III | .. | 232 | 5,9 | 0,6 | 6,6 |
| 1030 | Holzfarbe II | .. | 248 | 6,1 | + 0,9 | 5,3 |
| 1050 | Stumpfocker III | .. | 319 | 5,8 | + 0,1 | 5,7 |
| 1050 | .. | III | 245 | 7,1 | 0,3 | 7,4 |
| 1050 | .. | III | 179 | 4,2 | 1,0 | 5,2 |
| 1050 | Fleischfarbig II | .. | 161 | 2,7 | 0,5 | 3,3 |
| 1050 | Stumpfocker III | .. | 291 | 7,4 | 0,4 | 7,8 |
| 1050 | .. | III | 197 | 5,7 | 0,8 | 6,5 |
| 1050 | .. | III | 215 | 4,1 | 0,1 | 4,2 |
| 1050 | .. | III | 108 | 3,3 | + 1,1 | 2,2 |
| 1050 | Holzfarbe II | .. | 99 | 2,4 | + 1,0 | 1,3 |
| 1050 | .. | II | 363 | 3,7 | 0,1 | 3,8 |
| 1050 | .. | II | 112 | 4,0 | + 0,6 | 3,4 |
| 1050 | Stumpfocker III | .. | 280 | 5,5 | + 0,4 | 5,1 |
| 1050 | .. | III | 243 | 6,2 | 0,6 | 6,7 |
| | | | 194 | 5,0 | + 0,06 | 4,9 |

Dichtigkeitsverhältnisse.

Tone mit minimaler

| No des Tones | Wasser- saug- kraft in % | Porosität | | Gehalte des gebrannten Materials an: | | | | | Schlamm-analyse | |
|--------------------|-----------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------------------|------|------|---------|--------------------------------|-----------------|-------|
| | | absolute | schein- bare | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | CaO+MgO | Fe ₂ O ₃ | Ton | Sand |
| 187a | 3,9 | 17 | 19 | 21,37 | 0,98 | 2,56 | 3,54 | 6,89 | 74,13 | 25,87 |
| 198 | 4,1 | 18 | 9 | 26,37 | 0,54 | 2,04 | 2,58 | 6,72 | 90,81 | 9,19 |
| 466 | 5,6 | 19 | 13 | 19,05 | 0,29 | 2,63 | 2,92 | 8,44 | 88,56 | 11,44 |
| 183 | 6,1 | 17 | 13 | 18,64 | 0,86 | 1,45 | 2,31 | 3,46 | 77,57 | 22,43 |
| 477 | 6,2 | 26 | 12 | 23,36 | 0,94 | 3,75 | 4,69 | 6,71 | 95,03 | 4,97 |
| 474 | 6,2 | 24 | 11 | 22,92 | 0,72 | 2,90 | 3,62 | 7,25 | 94,22 | 5,78 |
| 218 | 6,3 | 18 | 14 | 18,33 | 2,10 | 0,96 | 3,06 | 8,55 | 81,81 | 18,19 |
| 156 | 6,5 | 17 | 14 | 23,72 | 0,36 | 4,89 | 5,25 | 8,05 | 87,29 | 12,71 |
| 472 | 6,5 | 19 | 14 | 19,22 | 0,21 | 2,63 | 2,84 | 6,33 | 91,46 | 8,54 |
| 169 | 6,8 | 15 | 15 | 18,73 | 0,99 | 4,57 | 5,56 | 7,29 | 77,52 | 22,48 |
| 464 | 7,1 | 18 | 15 | 20,70 | 0,29 | 2,23 | 2,52 | 8,46 | 95,96 | 4,04 |
| 451 | 7,2 | 22 | 14 | 19,19 | 0,38 | 3,12 | 3,50 | 7,40 | 87,10 | 12,90 |
| 240 | 7,5 | 20 | 16 | 15,77 | 2,10 | 2,61 | 4,71 | 7,25 | 77,46 | 22,54 |
| 233 | 7,6 | 23 | 16 | 15,42 | 1,01 | 0,63 | 1,64 | 6,09 | 70,15 | 29,85 |
| 494 | 8,0 | 17 | 17 | 21,20 | 0,15 | 2,56 | 2,71 | 6,92 | 77,82 | 22,18 |
| 537 | 8,2 | 26 | 16 | 12,46 | 1,94 | 3,00 | 4,94 | 6,90 | 65,33 | 34,67 |
| 278 | 8,3 | 21 | 18 | 17,81 | 1,30 | 3,76 | 5,06 | 7,41 | 76,13 | 23,87 |
| 168 | 8,4 | 23 | 17 | 15,97 | 0,07 | 1,86 | 1,93 | 4,40 | 46,29 | 53,71 |
| 520 | 8,6 | 22 | 18 | 17,81 | 0,59 | 2,34 | 2,93 | 7,64 | 92,64 | 7,36 |
| 501 | 8,6 | 21 | 18 | 16,20 | 0,12 | 3,58 | 3,70 | 7,20 | 79,34 | 20,66 |
| 239 | 8,7 | 25 | 17 | 17,02 | 1,73 | 2,18 | 3,91 | 7,39 | 82,02 | 17,98 |
| 189 | 8,8 | 23 | 18 | 19,47 | 0,63 | 1,50 | 2,13 | 4,92 | 63,75 | 36,25 |
| 475 | 9,3 | 25 | 18 | 19,89 | 2,57 | 2,95 | 5,52 | 7,11 | 93,28 | 6,72 |
| 206 | 9,4 | 16 | 16 | 18,79 | 0,87 | 2,56 | 3,43 | 6,06 | 69,10 | 30,90 |
| 117 | 10,3 | 17 | 17 | 16,56 | 3,50 | 1,70 | 5,20 | 6,76 | 74,70 | 25,30 |
| Mittel | 7,4 | 20 | 15 | 19,04 | 1,01 | 2,60 | 3,61 | 6,86 | 80,38 | 19,62 |

Tabelle IV.

Wassersaugfähigkeit.

| Ungef. Brand- tempera- tur in °C | Brandfarbe | Äussere Beschaffenheit | Druck- festigkeit kg/cm ² trocken | Schwindung | | | Bemerkungen | |
|---|--------------------------|---------------------------|---|------------|-------|-------|-------------|--|
| | | | | Trocken | Brand | Total | | |
| 1030 | Hausrot | I | normal dicht gebrannt ohne Sinterung | 1085 | 10,6 | 4,3 | 14,7 | |
| 1030 | " | II | " | 704 | 8,6 | 6,4 | 14,5 | |
| 1050 | " | II | " | 2314 | 9,3 | 8,5 | 17,1 | |
| 1010 | Dunkelfleischfarbig | " | " | 1195 | 10,1 | 3,3 | 13,5 | |
| 950 | Orange | Ic | " | 771 | 10,2 | — | — | Nicht messbar, weil Probeziegel gerissen und aufgebläht sind. |
| 950 | Lederfarbig | II | " | 383 | 9,7 | — | — | " " |
| 1030 | Hausrot | III | " | 939 | 8,7 | 6,3 | 14,4 | |
| 1010 | " | II | " | 2167 | 7,1 | 7,1 | 13,8 | |
| 1050 | Ziegelrot | I | " | 1931 | 9,1 | 7,6 | 16,0 | |
| 1030 | Hausrot | I | " | 2274 | 7,5 | 5,5 | 12,6 | |
| 950 | Fleischfarbig | I | " | 1200 | 9,5 | 8,1 | 16,8 | |
| 1050 | Hausrot | III | " | 908 | 11,0 | — | — | |
| 1030 | Fleischfarbig | III | " | 1503 | 10,5 | 3,3 | 13,5 | |
| 1030 | " | II | " | 1381 | 8,2 | 7,4 | 15,0 | |
| 1030 | Ziegelrot | II | " | 970 | 10,0 | 5,0 | 14,5 | |
| 1050 | Fleischfarb. I — Hausrot | III | " | 1106 | 9,5 | 4,4 | 13,5 | |
| 1050 | Hausrot | I | " | 1682 | 10,6 | 5,3 | 15,3 | |
| 1030 | " | I | " | 710 | 6,3 | 1,3 | 7,5 | |
| 1050 | " | III | " | 1632 | 9,3 | 7,5 | 16,1 | |
| 1050 | " | III | " | 1417 | 10,1 | 4,6 | 14,2 | |
| 1030 | " | III | " | 1425 | — | — | — | Sämtliche Probeziegel sind gerissen und aufgebläht. |
| 1030 | " | III | " | 1177 | 8,3 | 5,4 | 13,3 | |
| 1050 | " | III | " | 1741 | 9,2 | 5,4 | 14,1 | |
| 1030 | " | III | " | 908 | 8,9 | 5,9 | 14,2 | |
| 1010 | Lederfarbig | " | " | 931 | 8,1 | 2,5 | 10,4 | |
| | | | | 1298 | 9,2 | 5,5 | 13,5 | |

Dichtigkeitsverhältnisse.

Tone mit maximaler

| No des Tones | Wasser- saugkraft in % | Porosität | | Resultate der chemisch-mechanischen Analyse | | |
|--------------------|------------------------------|-----------|------------|--|---|--------------|
| | | absolute | scheinbare | Quarzsand und unverwittertes Muttergestein | Carbonate von Kalk und Magnesia, Gips und Eisen | Ton-Substanz |
| 1518 | 38,3 | 51 | 51 | 38,29 | 45,40 | 16,11 |
| 1400 | 37,7 | 54 | 51 | 36,65 | 43,32 | 19,83 |
| 1562 | 36,5 | 53 | 53 | 31,31 | 49,08 | 19,56 |
| 1431 | 36,1 | 53 | 51 | 35,06 | 49,62 | 15,23 |
| 1814 | 35,9 | 52 | 49 | 39,60 | 29,47 | 30,82 |
| 1606 | 35,2 | 52 | 50 | 34,21 | 49,77 | 15,95 |
| 1813 | 35,2 | 52 | 49 | 41,00 | 35,07 | 23,82 |
| 1804 | 34,9 | 53 | 49 | 43,03 | 34,40 | 22,32 |
| 1409 | 34,4 | 53 | 48 | 32,99 | 54,86 | 12,05 |
| 1600 | 34,3 | 52 | 49 | 45,59 | 37,20 | 17,11 |
| 1101 | 33,1 | 50 | 49 | 43,60 | 40,28 | 15,97 |
| 619 | 32,5 | 49 | 48 | 28,37 | 34,45 | 36,98 |
| 1805 | 32,0 | 49 | 47 | 43,16 | 27,82 | 28,68 |
| 914 | 32,0 | 50 | 48 | 40,25 | 51,08 | 8,20 |
| 825 | 31,5 | 48 | 47 | 31,68 | 50,99 | 16,24 |
| 927 | 31,4 | 50 | 46 | 35,70 | 49,98 | 14,07 |
| 702 | 31,0 | 50 | 45 | 32,37 | 40,30 | 27,28 |
| 930 | 30,9 | 49 | 47 | 35,95 | 45,89 | 17,83 |
| 1418 | 30,8 | 52 | 44 | 36,74 | 46,05 | 17,04 |
| 1536 | 30,8 | 51 | 45 | 34,47 | 52,05 | 13,44 |
| 1702 | 30,6 | 48 | 45 | 52,15 | 29,47 | 18,16 |
| 1717 | 30,6 | 48 | 47 | 38,59 | 45,70 | 15,44 |
| 803 | 30,1 | 48 | 44 | 45,84 | 35,46 | 18,69 |
| 1607 | 30,1 | 49 | 46 | 42,24 | 40,17 | 17,53 |
| 1507 | 30,0 | 49 | 47 | 35,36 | 51,79 | 12,75 |
| Mittel | 33,0 | 51 | 48 | 38,17 | 42,79 | 18,84 |

Tabelle V.

Wassersaugfähigkeit.

| Brand- tempera- tur °C | Brandfarbe | Äussere Beschaffenheit | Druck- festigkeit in kg/cm ² | Schwindung | | |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------|---|------------|-------|-------|
| | | | | Trocken | Brand | Total |
| 1070 | Holzfarbe II | Ohne Sinterung | 206 | 3,4 | + 1,1 | 2,3 |
| 1050 | Holzfarbe II — Stumpfocker III | „ | 201 | 5,1 | + 1,4 | 3,8 |
| 1050 | Weissgelb | „ | 406 | 6,9 | 0,3 | 7,2 |
| 1050 | Stumpfocker III | „ | 253 | 4,8 | + 1,1 | 3,8 |
| 1050 | Fleischfarbig II | „ | 337 | 4,0 | 0,6 | 4,6 |
| 1050 | Annähernd weiss | „ | 256 | 4,4 | 0,2 | 4,6 |
| 1050 | Stumpfocker III | „ | 287 | 3,3 | + 0,7 | 2,6 |
| 1050 | Holzfarbe II | „ | 240 | 4,5 | 0,5 | 5,0 |
| 1050 | Stumpfocker III | „ | 328 | 5,6 | 1,1 | 4,6 |
| 1040 | Holzfarbe II | „ | 196 | 4,4 | 0,5 | 4,9 |
| 1050 | Stumpfocker III | „ | 362 | 3,9 | 0,3 | 3,6 |
| 1050 | Holzfarbe II | „ | 489 | 8,8 | 2,1 | 10,7 |
| 1050 | Fleischfarbig II | „ | 501 | 4,9 | 0,6 | 5,5 |
| 1050 | Stumpfocker III | „ | 518 | 6,2 | 0,3 | 6,5 |
| 1050 | Holzfarbe II | „ | 419 | 4,0 | 1,1 | 3,0 |
| 1070 | Holzfarbe II — Stumpfocker III | „ | 376 | 6,1 | 0,1 | 6,2 |
| 1050 | Stumpfocker II | „ | 578 | 6,1 | 0,0 | 6,1 |
| 1050 | Holzfarbe II — Stumpfocker III | „ | 432 | 6,7 | 0,9 | 7,5 |
| 1050 | Stumpfocker III | „ | 536 | 7,3 | 0,2 | 7,5 |
| 1050 | Hausrot III | „ | 420 | 5,0 | + 1,5 | 3,6 |
| 1050 | Holzfarbe II | „ | 250 | 2,7 | 0,4 | 3,1 |
| 1050 | Stumpfocker III | „ | 398 | 4,3 | 0,5 | 4,8 |
| 1050 | Holzfarbe II | „ | 255 | 4,9 | + 0,8 | 4,1 |
| 1050 | Stumpfocker III | „ | 464 | 5,1 | 0,6 | 5,7 |
| 1050 | „ III | „ | 588 | 6,8 | 1,5 | 8,2 |
| | | | 372 | 5,17 | 0,21 | 5,18 |

Dichtigkeitsverhältnisse.

Tone mit minimaler

| No des Tones | Wasser- saugkraft in % | Porosität | | Resultate der chemisch-mechanischen Analyse | | |
|--------------------|------------------------------|-----------|------------|--|---|-------------|
| | | absolute | scheinbare | Quarzsand und unverwittertes Muttergestein | Carbonate von Kalk und Magnesia; Gips und Eisen | Tonsubstanz |
| 1599 | 3,6 | 13 | 9 | 50,46 | 36,52 | 12,89 |
| 713 | 4,3 | 15 | 10 | 59,06 | 4,79 | 36,09 |
| 618 | 5,3 | 16 | 12 | 48,10 | 4,15 | 47,71 |
| 1591 | 6,1 | 23 | 13 | 48,41 | 27,96 | 23,55 |
| 733 | 6,2 | 19 | 13 | 63,12 | 5,28 | 31,50 |
| 809 | 6,3 | 20 | 13 | 48,01 | 4,71 | 47,36 |
| 716 | 6,6 | 18 | 14 | 63,58 | 14,75 | 22,45 |
| 601 | 6,9 | 22 | 14 | 69,62 | 4,35 | 25,98 |
| 818 | 6,9 | 19 | 15 | 26,94 | 4,77 | 68,28 |
| 1417 | 7,0 | 22 | 15 | 66,10 | 10,61 | 23,11 |
| 1561 | 7,2 | 20 | 15 | 61,93 | 12,09 | 25,61 |
| 1576 | 7,4 | 26 | 14 | 62,56 | 10,82 | 26,17 |
| 2005 | 7,8 | 31 | 28 | 61,42 | 8,72 | 29,34 |
| 1110 | 7,8 | 22 | 16 | 66,59 | 6,98 | 26,39 |
| 1401 | 7,8 | 25 | 15 | 50,27 | 35,13 | 14,46 |
| 709 | 7,9 | 30 | 15 | 79,46 | 6,24 | 14,33 |
| 1729 | 8,1 | 20 | 17 | 49,39 | 22,72 | 27,72 |
| 1728 | 8,4 | 19 | 18 | 50,20 | 23,40 | 26,23 |
| 720 | 8,4 | 21 | 18 | 65,72 | 21,27 | 11,76 |
| 1428 | 8,5 | 27 | 16 | 67,93 | 10,80 | 20,91 |
| 2012 | 8,6 | 28 | 17 | 69,85 | 10,78 | 19,28 |
| 1721 | 8,7 | 22 | 18 | 60,50 | 21,93 | 17,47 |
| 621 | 8,7 | 32 | 30 | 53,97 | 7,23 | 38,71 |
| 910 | 9,2 | 24 | 19 | 73,37 | 19,77 | 6,48 |
| 1114 | 9,4 | 27 | 18 | 70,80 | 6,15 | 22,81 |
| Mittel | 7,3 | 22 | 16 | 59,49 | 13,68 | 26,66 |

Tabelle VI.

Wassersaugfähigkeit.

| Brand- tempera- tur °C | Brandfarbe | Äussere Beschaffenheit | Druck- festigkeit in kg/cm ² | Schwindung | | |
|------------------------------|----------------------|------------------------|---|------------|-------|-------|
| | | | | Trocken | Brand | Total |
| 1000 | Hausrot III | Ohne Sinterung | 1993 | 9,1 | 5,7 | 14,3 |
| 1010 | Braunrot – Hausrot I | „ | 1593 | 5,8 | 2,8 | 8,4 |
| 1010 | Ziegelrot I | „ | 1662 | 6,6 | 5,1 | 11,4 |
| 1020 | Hausrot III | „ | 2126 | 6,8 | 4,1 | 10,6 |
| 1020 | „ II | „ | 2334 | 6,6 | 5,5 | 11,7 |
| 1010 | „ III | „ | 1514 | 8,0 | 4,9 | 12,5 |
| 1010 | „ III | „ | 1359 | 7,0 | 1,9 | 8,8 |
| 1090 | „ I | „ | 1961 | 5,8 | 4,8 | 10,4 |
| 1010 | „ III | „ | 1632 | 7,6 | 4,5 | 11,8 |
| 1020 | „ III | „ | 1488 | 8,5 | 3,4 | 11,6 |
| 950 | Ziegelrot II | „ | 1064 | 9,9 | 2,7 | 12,3 |
| 1060 | Hausrot III | „ | 1289 | 7,8 | 4,0 | 11,5 |
| 1020 | Ziegelrot II | „ | 736 | 8,3 | 8,0 | 15,6 |
| 1050 | „ II | „ | 1364 | 8,0 | 2,2 | 10,0 |
| 1050 | Fleischfarbig I | „ | 1159 | 8,0 | 1,1 | 9,0 |
| 1050 | Hausrot III | „ | 754 | 4,7 | 2,7 | 7,3 |
| 960 | Ziegelrot III | „ | 1513 | 7,5 | 5,3 | 12,4 |
| 960 | „ II | „ | 1520 | 6,8 | 5,6 | 12,0 |
| 1010 | Hausrot III | „ | 1218 | 7,3 | 1,7 | 8,9 |
| 1050 | „ III | „ | 1183 | 8,3 | 4,0 | 12,0 |
| 1040 | „ III | „ | 1390 | 6,5 | 3,1 | 9,6 |
| 1010 | „ III | „ | 979 | 8,0 | 3,8 | 11,5 |
| 1010 | „ III | „ | 1165 | 7,5 | 1,5 | 8,9 |
| 1020 | „ III | „ | 937 | 8,4 | 2,6 | 10,8 |
| 1050 | „ III | „ | 531 | 6,2 | 1,5 | 7,6 |
| | | | 1379 | 7,4 | 3,7 | 10,8 |

Dichtigkeitsverhältnisse.

Tone mit grosser Wasseraufnahmefähigkeit

| No des Tones | Wasser- saug- kraft in % | Porosität | | Gehalt des Materials an: | | | | Schlamm-analyse | |
|--------------------|-----------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------------|-------|------|--------------------------------|-----------------|-------|
| | | absolute | schein- bare | Al ₂ O ₃ | Ca O | Mg O | Fe ₂ O ₃ | Ton | Sand |
| 482 | 36,4 | 51 | 50 | 23,32 | 11,82 | 2,92 | 5,87 | 50,40 | 49,60 |
| 486 | 35,8 | 53 | 48 | 20,52 | 12,64 | 2,81 | 6,62 | 61,70 | 38,30 |
| 480 | 33,9 | 48 | 48 | 22,30 | 10,04 | 2,81 | 6,25 | 57,75 | 42,25 |
| 176 | 33,1 | 48 | 48 | 18,77 | 8,63 | 4,09 | 8,52 | 95,36 | 1,64 |
| 174 | 33,0 | 49 | 49 | 18,76 | 13,01 | 6,08 | 6,92 | 88,57 | 11,43 |
| 175 | 32,9 | 49 | 48 | 19,18 | 11,37 | 4,39 | 8,33 | 92,40 | 7,60 |
| 141 | 31,0 | 46 | 45 | 16,92 | 7,60 | 4,32 | 4,87 | 86,45 | 13,55 |
| 177 | 28,9 | 47 | 45 | 21,23 | 8,22 | 3,31 | 8,25 | 94,42 | 5,58 |
| 481 | 28,8 | 45 | 43 | 26,71 | 6,55 | 2,73 | 6,37 | 66,53 | 33,47 |
| 19 | 28,6 | 47 | 45 | 18,29 | 1,01 | 2,15 | 4,93 | 86,55 | 13,45 |
| 113 | 28,0 | 42 | 43 | 20,22 | 13,95 | 3,39 | 6,68 | 94,00 | 6,00 |
| 260 | 27,9 | 47 | 41 | 19,36 | 0,02 | 1,35 | 6,07 | 48,95 | 51,05 |
| 259 | 26,7 | 45 | 39 | 16,90 | 0,30 | 0,33 | 5,25 | 34,31 | 65,69 |
| 298 | 25,5 | 42 | 41 | 13,53 | 12,38 | 3,53 | 4,87 | 52,85 | 47,15 |
| 135 | 25,2 | 41 | 40 | 17,47 | 9,99 | 4,35 | 5,78 | 67,22 | 32,78 |
| 172 | 24,5 | 42 | 39 | 17,19 | 7,12 | 2,35 | 6,07 | 35,94 | 36,94 |
| 272 | 23,9 | 40 | 39 | 17,57 | 8,58 | 4,34 | 4,94 | 91,63 | 8,37 |
| 299 | 23,7 | 42 | 39 | 19,59 | 10,63 | 4,20 | 8,43 | 99,70 | 0,30 |
| 140 | 24,1 | 41 | 38 | 13,77 | 9,55 | 4,10 | 4,23 | 43,16 | 56,84 |
| 111 | 25,5 | 43 | 41 | 19,91 | 7,17 | 5,57 | 5,46 | 76,10 | 23,90 |
| Mittel | 28,9 | 45,4 | 43,4 | 19,07 | 8,48 | 3,46 | 6,23 | 71,35 | 27,29 |

Tabelle VII.

(Kalkarm, aber reich an andern magernden Beimengungen).

| Erwei- chungs- punkt °C | Brand- tempera- tur °C | Brandfarbe | | Festigkeit in in kg/cm ² | | Äussere Beschaffenheit |
|----------------------------------|------------------------------|---------------|------|--|-------|--|
| | | | | Zug | Druck | |
| 1240 | 1050 | Fleischfarbig | II | 23 | 161 | ungebrannt: weich, fettig, glimmerhaltig |
| 1180 | 1050 | Holzfarbe | II | 19 | 363 | ungebrannt: viel Glimmer; gebrannt: mürb, sandig |
| 1230 | 1040 | Fleischfarbig | II | 24 | 298 | ungebrannt: glänzend, fettig |
| 1200 | 1050 | Holzfarbe | II | 30 | 383 | „ „ weich u. fettig |
| 1180 | 1030 | Fleischfarbig | I | 50 | 338 | weich |
| 1170 | 1050 | Holzfarbe | II | 22 | 382 | weich |
| 1190 | 1050 | Fleischfarbig | II | 29 | 592 | ungebrannt: glänzend, fettig |
| 1170 | 1050 | „ | II | 36 | 578 | fettig anzufühlen |
| 1290 | 1050 | „ | II | 35 | 301 | ungebrannt: glänzend, fettig |
| 1230 | 1050 | Holzfarbe | II | 30 | 554 | weich |
| 1170 | 1030 | „ | II | 59 | 773 | ungebrannt: weich, glänzend, fettig |
| 1400 | 1050 | Fleischfarbig | I | 7 | 48 | glimmerreich, sandig |
| 1400 | 1050 | „ | I | 4 | 28 | sehr glimmerhaltig, sandig |
| 1180 | 1050 | „ | II | 12 | 232 | mürb; stark glimmerhaltig |
| 1180 | 1050 | „ | I—II | 37 | 317 | ziemlich mürb, stark glimmerhaltig |
| 1190 | 1030 | „ | I | 20 | 347 | „ „ „ „ |
| 1200 | 1050 | Lederfarbig | II | 56 | 1221 | ungebrannt: glimmerhaltig |
| 1170 | 1050 | „ | I | 48 | 1135 | gebrannt: dicht; ungebr. glänzend fettig |
| 1190 | 1050 | Holzfarbe | II | 14 | 213 | stark glimmerhaltig |
| 1170 | 1010 | Fleischfarbig | II | 36 | 495 | ungebrannt: weich, glänzend, fettig |
| | | | | 29 | 438 | |

Gewichtsverhältnisse.

Tone mit maximalen

| No des Tones | Spe- zifisches Gewicht | Raum- gewicht | Resultate der chemisch-mechanischen Analyse | | | Schwindungs-Verhältnisse | | |
|--------------------|------------------------------|------------------|--|--|------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | Quarzsand und unverwittertes Muttergestein | Carbonate v. Kalk und Magnesia; Gips und Eisen | Ton- Substanz | Trocken- schwindung % | Brand- schwindung % | Gesamt- schwindung % |
| 1555 | 3,18 | 1,37 | 16,58 | 62,50 | 20,20 | 9,2 | + 0,3 | 8,9 |
| 644 | 3,12 | 1,66 | 74,84 | 10,67 | 14,20 | 6,7 | 1,4 | 8,0 |
| 1562 | 3,10 | 1,44 | 31,31 | 49,08 | 19,56 | 6,9 | 0,3 | 7,2 |
| 1507 | 3,07 | 1,58 | 35,36 | 51,79 | 12,75 | 6,8 | 1,5 | 8,2 |
| 918 | 3,06 | 1,64 | 26,00 | 48,87 | 24,85 | 8,0 | 2,2 | 10,0 |
| 930 | 3,02 | 1,54 | 35,95 | 45,89 | 17,83 | 6,7 | 0,9 | 7,5 |
| 914 | 3,01 | 1,50 | 40,25 | 51,08 | 8,20 | 6,2 | 0,3 | 6,5 |
| 1102 | 3,00 | 1,63 | 42,09 | 39,42 | 18,32 | 5,2 | 1,3 | 6,4 |
| 1100 | 2,99 | 1,67 | 45,08 | 33,76 | 21,05 | 6,2 | 1,6 | 7,7 |
| 1501 | 2,98 | 1,66 | 36,75 | 40,01 | 23,18 | 7,4 | 2,1 | 9,3 |
| 1600 | 2,97 | 1,43 | 45,59 | 37,20 | 17,11 | 4,4 | 0,5 | 4,9 |
| 2101 | 2,96 | 1,58 | 32,23 | 50,54 | 17,05 | 6,0 | 1,6 | 7,5 |
| 1536 | 2,95 | 1,46 | 34,47 | 52,05 | 13,44 | 5,0 | + 1,5 | 3,6 |
| 1518 | 2,94 | 1,44 | 38,29 | 45,40 | 16,11 | 3,4 | + 1,1 | 2,3 |
| 2002 | 2,93 | 1,64 | 42,31 | 36,88 | 20,78 | 5,5 | 1,6 | 7,0 |
| 1811 | 2,92 | 1,73 | 53,19 | 18,11 | 28,43 | 4,7 | 6,2 | 10,6 |
| 1514 | 2,91 | 1,69 | 38,45 | 37,18 | 24,37 | 5,8 | 1,6 | 7,3 |
| 1453 | 2,90 | 1,56 | 34,79 | 49,50 | 15,60 | 5,0 | 0,2 | 5,2 |
| 1595 | 2,89 | 1,57 | 33,74 | 55,54 | 10,49 | 6,0 | 0,1 | 6,1 |
| 1813 | 2,87 | 1,38 | 41,00 | 35,07 | 23,82 | 3,3 | + 0,7 | 2,6 |
| 1571 | 2,86 | 1,59 | 45,09 | 36,44 | 18,39 | 7,4 | 1,0 | 8,3 |
| 1808 | 2,85 | 1,50 | 43,62 | 32,90 | 23,41 | 2,8 | + 0,6 | 2,2 |
| 1438 | 2,84 | 1,64 | 42,69 | 37,36 | 19,63 | 8,7 | 0,2 | 8,9 |
| 1540 | 2,83 | 1,85 | 71,04 | 9,94 | 18,89 | 3,4 | 0,3 | 3,7 |
| 1516 | 2,82 | 1,63 | 48,11 | 34,73 | 16,87 | 7,5 | 0,3 | 7,8 |
| Mittel | 2,96 | 1,58 | 41,15 | 40,08 | 18,58 | 5,9 | 0,8 | 6,7 |

Tabelle VIII.

spezifischen Gewichten.

| Wassersaug- fähigkeit nach 28 Tagen % | Porositäts-Verhältnisse | | Druckfestigkeit kg/cm ² im trockenen Zu- stande | Brandfarbe | |
|--|-------------------------|---------------------------|---|--------------------------------|-----|
| | Absolute Poro- sität | Scheinbare Po- rosität | | | |
| 45,86 | 57 | — | 371 | Stumpfocker | III |
| 27,02 | 47 | 44 | 604 | " | III |
| 36,51 | 53 | 53 | 406 | Weissgelb | |
| 30,00 | 49 | 47 | 588 | Stumpfocker | III |
| 26,85 | 49 | 44 | 529 | Weissgelb | |
| 30,86 | 49 | 47 | 432 | Holzfarbe II — Stumpfocker III | |
| 31,97 | 50 | 48 | 518 | Stumpfocker | III |
| 26,90 | 46 | 44 | 662 | Weissgelb | |
| 25,60 | 44 | 43 | 943 | Stumpfocker | III |
| 27,20 | 44 | 44 | 566 | Weissgelb | |
| 34,31 | 52 | 49 | 196 | Holzfarbe | II |
| 28,04 | 47 | 44 | 759 | Stumpfocker | III |
| 30,79 | 51 | 45 | 420 | ca. Holzfarbe | II |
| 38,30 | 51 | 51 | 206 | Holzfarbe | II |
| 25,72 | 44 | 42 | 737 | Stumpfocker | III |
| 17,01 | 41 | 29 | 1117 | Fleischfarbig | I |
| 26,50 | 42 | 42 | 1146 | Weissgelb | |
| 27,62 | 46 | 43 | 620 | Stumpfocker | III |
| 26,10 | 46 | 41 | 741 | Holzfarbe | II |
| 35,17 | 52 | 49 | 287 | Stumpfocker | III |
| 26,46 | 44 | 42 | 748 | Holzfarbe | II |
| 28,46 | 47 | 43 | 266 | " | II |
| 22,44 | 42 | 36 | 717 | Fleischfarbig | II |
| 16,59 | 35 | 31 | 103 | Ziegelrot | I |
| 21,59 | 42 | 35 | 615 | Holzfarbe | II |
| 28,55 | 47 | 43 | 572 | | |

Gewichtsverhältnisse.

Tone mit minimalen

| No des Tones | Spe- zifisches Gewicht | Raum- gewicht | Resultate der chemisch-mechanischen Analyse | | | Schwindungsverhältnisse | | |
|--------------------|------------------------------|------------------|---|--|------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | Quarzsand und unverwittertes Muttergestein etc. | Carbonate von Kalk u. Magnesia; Gips und Eisen | Ton- Substanz | Trocken- schwindung % | Brand- schwindung % | Gesamt- schwindung % |
| 639 | 2,41 | 1,90 | 47,71 | 8,65 | 43,50 | 8,2 | 3,6 | 11,5 |
| 1731 | 2,48 | 2,08 | 42,32 | 26,83 | 30,80 | 9,2 | 5,5 | 14,2 |
| 642 | 2,50 | 1,92 | 47,53 | 13,81 | 37,84 | 6,1 | 1,8 | 7,6 |
| 640 | 2,54 | 1,83 | 73,35 | 5,49 | 21,02 | 6,6 | 0,3 | 6,9 |
| 1559 | 2,55 | 1,90 | 53,10 | 21,75 | 24,59 | 10,6 | 0,9 | 11,4 |
| 1557 | 2,57 | 2,05 | 55,43 | 13,02 | 31,35 | 10,7 | 0,1 | 10,6 |
| 1114 | 2,58 | 1,89 | 70,80 | 6,15 | 22,81 | 6,2 | 1,5 | 7,6 |
| 1730 | 2,60 | 1,86 | 36,58 | 28,29 | 34,82 | 8,7 | 1,6 | 10,2 |
| 823 | 2,61 | 1,93 | 65,33 | 10,77 | 23,47 | 6,9 | 3,3 | 10,0 |
| 902 | 2,62 | 1,75 | 36,76 | 21,50 | 41,80 | 8,5 | 1,5 | 11,8 |
| 629 | 2,63 | 2,01 | 44,77 | 6,98 | 47,99 | 8,0 | 4,8 | 12,4 |
| 1512 | 2,64 | 1,70 | 70,85 | 9,19 | 19,18 | 2,1 | +0,7 | 1,4 |
| 740 | 2,65 | 2,00 | 56,72 | 10,32 | 32,47 | 13,2 | 2,7 | 15,6 |
| 808 | 2,66 | 2,09 | 35,72 | 13,35 | 50,91 | 8,9 | 7,1 | 15,4 |
| 809 | 2,67 | 2,13 | 48,01 | 4,71 | 47,36 | 8,0 | 4,9 | 12,5 |
| 607 | 2,68 | 1,73 | 66,60 | 3,72 | 29,44 | 5,7 | 2,2 | 7,8 |
| 734 | 2,69 | 1,93 | 73,58 | 5,55 | 20,52 | 6,5 | 4,0 | 10,2 |
| 708 | 2,70 | 2,01 | 42,40 | 5,93 | 51,33 | 6,3 | 5,0 | 11,0 |
| 814 | 2,71 | 1,83 | 70,46 | 3,11 | 26,35 | 5,5 | 1,5 | 6,9 |
| 1520 | 2,72 | 2,04 | 65,14 | 6,07 | 28,30 | 8,2 | 2,2 | 11,5 |
| 1570 | 2,73 | 1,93 | 66,03 | 9,44 | 24,21 | 10,5 | 1,8 | 12,1 |
| 603 | 2,74 | 1,71 | 38,52 | 28,05 | 33,23 | 6,6 | 1,6 | 8,1 |
| 1420 | 2,75 | 1,87 | 64,40 | 6,31 | 29,01 | 7,9 | 1,9 | 9,6 |
| 1569 | 2,76 | 1,82 | 66,23 | 9,44 | 24,21 | 7,0 | 3,0 | 9,8 |
| 2011 | 2,77 | 1,70 | 57,23 | 21,38 | 20,98 | 6,7 | 0,3 | 7,0 |
| Mittel | 2,64 | 1,90 | 55,82 | 11,99 | 31,90 | 7,7 | 2,5 | 10,1 |

Tabelle IX.

spezifischen Gewichten.

| Wassersaug- fähigkeit nach 28 Tagen % | Porositäts-Verhältnisse | | Druckfestigkeit kg/cm ² im trockenen Zu- stande | Brandfarbe | |
|--|-------------------------|---------------------------|---|-------------------------------|-----|
| | Absolute Poro- sität | Scheinbare Po- rosität | | | |
| 11,06 | 21 | 21 | 836 | Hausrot | III |
| 0,74 | 16 | 2 | 2227 | Ziegelrot | II |
| 10,69 | 23 | 21 | 827 | Hausroth | III |
| 15,15 | 28 | 17 | 551 | " | III |
| 9,72 | 26 | 19 | 1064 | Ziegelrot | I |
| 2,74 | 20 | 6 | 1074 | " | II |
| 9,43 | 27 | 18 | 531 | Hausrot | III |
| 11,53 | 28 | 22 | 1332 | Fleischfarbig I — Hausrot III | |
| 8,24 | 26 | 16 | 867 | Hausrot | III |
| 14,50 | 33 | 26 | 774 | Fleischfarbig | I |
| 9,48 | 24 | 19 | 974 | " | I |
| 20,26 | 36 | 34 | 71 | Lederfarbig | II |
| 10,67 | 25 | 21 | 649 | " | I |
| 9,44 | 25 | 19 | 1147 | Hausrot | III |
| 6,30 | 20 | 13 | 1514 | " | III |
| 16,75 | 35 | 29 | 431 | Fleischfarbig | I |
| 11,69 | 28 | 22 | 617 | Hausrot | III |
| 10,87 | 25 | 22 | 1012 | Ziegelrot | II |
| 14,64 | 32 | 27 | 720 | Hausrot | III |
| 10,46 | 25 | 21 | 966 | " | III |
| 14,07 | 29 | 27 | 808 | Orange | Ia |
| 20,54 | 37 | 35 | 796 | Stumpfocker | III |
| 14,97 | 32 | 28 | 855 | Fleischfarbig | I |
| 16,31 | 34 | 30 | 700 | Hausrot | III |
| 22,65 | 39 | 39 | 671 | Fleischfarbig | II |
| 12,16 | 28 | 22 | 881 | | |

Gewichtsverhältnisse.

Tone mit maximalen

| No des Tones | Raum- gewicht | Spe- zifisches Gewicht | Resultate der chemisch-mechanischen Analyse | | | Schwindungsverhältnisse | | |
|--------------------|------------------|------------------------------|---|--|------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | Quarzsand und unverwittertes Muttergestein etc. | Carbonate von Kalk u. Magnesia; Gips und Eisen | Ton- Substanz | Trocken- schwindung ‰ | Brand- schwindung ‰ | Gesamt- schwindung ‰ |
| 1599 | 2,34 | 2,68 | 50,46 | 36,52 | 12,89 | 9,1 | 5,7 | 14,3 |
| 1578 | 2,34 | 2,65 | 49,95 | 25,85 | 23,72 | 11,8 | 6,2 | 17,3 |
| 713 | 2,29 | 2,69 | 59,06 | 4,79 | 36,09 | 5,8 | 2,8 | 8,4 |
| 618 | 2,27 | 2,71 | 48,10 | 4,15 | 47,71 | 6,6 | 5,1 | 11,4 |
| 1526 | 2,24 | 2,86 | 55,61 | 4,17 | 40,17 | 6,5 | 4,1 | 10,3 |
| 716 | 2,20 | 2,67 | 63,58 | 14,75 | 22,45 | 7,0 | 1,9 | 8,8 |
| 1728 | 2,18 | 2,68 | 50,20 | 23,40 | 26,23 | 6,8 | 5,6 | 12,0 |
| 733 | 2,18 | 2,68 | 63,12 | 5,28 | 31,50 | 6,6 | 5,5 | 11,7 |
| 1729 | 2,15 | 2,68 | 49,39 | 22,72 | 27,72 | 7,5 | 5,3 | 12,4 |
| 1443 | 2,15 | 2,65 | 56,09 | 28,99 | 14,80 | 9,6 | 3,0 | 12,3 |
| 720 | 2,14 | 2,71 | 65,72 | 21,27 | 11,76 | 7,3 | 1,7 | 8,9 |
| 809 | 2,13 | 2,67 | 48,01 | 4,71 | 47,36 | 8,0 | 4,9 | 12,5 |
| 818 | 2,13 | 2,63 | 26,94 | 4,77 | 68,28 | 7,6 | 4,5 | 11,8 |
| 1417 | 2,12 | 2,70 | 66,10 | 10,61 | 23,11 | 8,5 | 3,4 | 11,6 |
| 1721 | 2,11 | 2,72 | 60,50 | 21,93 | 17,47 | 8,0 | 3,8 | 11,5 |
| 1561 | 2,11 | 2,64 | 61,93 | 12,09 | 25,61 | 9,9 | 2,7 | 12,3 |
| 1422 | 2,11 | 2,69 | 57,46 | 14,20 | 27,91 | 9,1 | 3,4 | 12,2 |
| 1427 | 2,09 | 2,68 | 64,11 | 11,44 | 24,30 | 9,3 | 6,0 | 14,7 |
| 808 | 2,09 | 2,66 | 35,72 | 13,35 | 50,91 | 8,9 | 7,1 | 15,4 |
| 1731 | 2,08 | 2,48 | 42,32 | 26,83 | 30,80 | 9,2 | 5,5 | 14,2 |
| 1597 | 2,08 | 2,64 | 54,84 | 34,41 | 10,61 | 8,1 | 4,6 | 12,3 |
| 1110 | 2,07 | 2,65 | 66,59 | 6,98 | 26,39 | 8,0 | 2,2 | 10,0 |
| 601 | 2,07 | 2,68 | 69,62 | 4,35 | 25,98 | 5,8 | 4,8 | 10,4 |
| 910 | 2,06 | 2,71 | 73,37 | 19,77 | 6,48 | 8,4 | 2,6 | 10,8 |
| 915 | 2,06 | 2,71 | 61,98 | 21,41 | 16,40 | 8,8 | 3,7 | 12,2 |
| Mittel | 2,15 | 2,68 | 56,03 | 15,95 | 27,87 | 8,1 | 4,2 | 12,00 |

Tabelle X.

Raumgewichten.

| Wassersaug- fähigkeit nach 28 Tagen ‰ | Porositäts-Verhältnisse | | Druckfestigkeit kg/cm ² im trockenen Zu- stande | Brandfarbe | |
|--|-------------------------|---------------------------|---|---------------------------------|-----|
| | Absolute Poro- sität | Scheinbare Po- rosität | | | |
| 3,64 | 13 | 9 | 1993 | Hausrot | III |
| 1,13 | 12 | 3 | 1406 | " | III |
| 4,32 | 15 | 10 | 1593 | Braunrot — Hausrot | III |
| 5,34 | 16 | 12 | 1662 | Ziegelrot | I |
| 9,54 | 22 | 21 | 2134 | Hausrot | III |
| 6,57 | 18 | 14 | 1359 | Hausrot III (dicht gebrannt) | |
| 8,37 | 19 | 18 | 1217 | Ziegelrot | II |
| 6,19 | 19 | 13 | 2334 | Hausrot | II |
| 8,05 | 20 | 17 | 1154 | Ziegelrot | II |
| 6,23 | 15 | 15 | 1012 | Hausrot | III |
| 8,37 | 21 | 18 | 1218 | Hausrot III (dicht gebrannt) | |
| 6,30 | 20 | 13 | 1514 | " | III |
| 6,94 | 19 | 15 | 1632 | " | III |
| 6,97 | 22 | 15 | 1488 | " | II |
| 8,67 | 22 | 18 | 979 | " | III |
| 7,23 | 20 | 15 | 1064 | Ziegelrot | II |
| 9,82 | 22 | 21 | 794 | " | II |
| 9,78 | 22 | 20 | 917 | Hausrot | III |
| 9,44 | 25 | 19 | 1147 | " | III |
| 0,74 | 16 | 2 | 2227 | Ziegelrot | III |
| 2,8 | 21 | 6 | 1680 | Hausrot | III |
| 7,84 | 22 | 16 | 1364 | Ziegelrot | II |
| 6,86 | 22 | 14 | 1961 | Hausrot III (schwach gesintert) | |
| 9,16 | 24 | 19 | 937 | " | III |
| 9,44 | 24 | 19 | 1070 | " | III |
| 6,69 | 20 | 14 | 1434 | | |

Gewichtsverhältnisse.

Tone mit minimalen

| No des Tones | Raum- gewicht | Spe- zifisches Gewicht | Resultate der chemisch-mechanischen Analyse | | | Schwindungsverhältnisse | | |
|--------------------|------------------|------------------------------|---|--|------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | Quarzsand und unverwittertes Muttergestein etc. | Carbonate von Kalk, Magnesia; Gips und Eisen | Ton- Substanz | Trocken- Schwindung ‰ | Brand- schwindung ‰ | Gesamt- schwindung ‰ |
| 1400 | 1,37 | 2,95 | 36,65 | 43,32 | 19,83 | 5,1 | + 1,4 | 3,8 |
| 1555 | 1,37 | 3,18 | 16,58 | 62,50 | 20,20 | 9,2 | + 0,3 | 8,9 |
| 1814 | 1,37 | 2,81 | 39,60 | 29,47 | 30,82 | 4,0 | 0,6 | 4,6 |
| 1813 | 1,38 | 2,87 | 41,00 | 35,07 | 23,82 | 3,3 | + 0,7 | 2,6 |
| 1409 | 1,39 | 2,96 | 32,99 | 54,86 | 12,05 | 5,6 | 1,1 | 4,6 |
| 609 | 1,41 | 2,80 | 43,95 | 29,67 | 26,34 | 6,2 | + 0,3 | 5,9 |
| 1523 | 1,41 | 2,71 | 49,97 | 38,45 | 11,28 | 4,6 | + 0,7 | 3,9 |
| 1431 | 1,41 | 3,00 | 35,06 | 49,62 | 15,23 | 4,8 | + 1,1 | 3,8 |
| 1804 | 1,41 | 2,97 | 43,03 | 34,40 | 22,32 | 4,5 | 0,5 | 5,0 |
| 1600 | 1,43 | 2,97 | 45,59 | 37,20 | 17,11 | 4,4 | 0,5 | 4,9 |
| 1606 | 1,43 | 2,99 | 34,21 | 49,77 | 15,95 | 4,4 | 0,2 | 4,6 |
| 1518 | 1,44 | 2,94 | 38,29 | 45,40 | 16,11 | 3,4 | + 1,1 | 2,3 |
| 1562 | 1,44 | 3,10 | 31,31 | 49,08 | 19,56 | 6,9 | 0,3 | 7,2 |
| 1418 | 1,45 | 2,99 | 36,74 | 46,05 | 17,04 | 7,3 | 0,2 | 7,5 |
| 803 | 1,46 | 2,83 | 45,84 | 35,46 | 18,69 | 4,9 | + 0,8 | 4,1 |
| 906 | 1,46 | 2,79 | 42,07 | 40,97 | 16,23 | 3,9 | + 1,5 | 2,5 |
| 1536 | 1,46 | 2,95 | 34,47 | 52,05 | 13,44 | 5,0 | + 1,5 | 3,6 |
| 1593 | 1,46 | 2,72 | 48,09 | 45,25 | 6,59 | 4,2 | + 0,4 | 3,8 |
| 702 | 1,47 | 2,96 | 32,37 | 40,30 | 27,28 | 6,1 | 0,0 | 6,1 |
| 917 | 1,47 | 2,95 | 36,01 | 47,85 | 16,10 | 7,0 | 1,0 | 7,9 |
| 927 | 1,47 | 2,91 | 35,70 | 49,98 | 14,07 | 6,1 | 0,1 | 6,2 |
| 619 | 1,48 | 2,91 | 28,37 | 34,45 | 36,98 | 8,8 | 2,1 | 10,7 |
| 1101 | 1,48 | 2,97 | 43,60 | 40,28 | 15,97 | 3,9 | 0,3 | 3,6 |
| 825 | 1,48 | 2,86 | 31,68 | 50,99 | 16,24 | 4,0 | + 1,1 | 3,0 |
| 744 | 1,50 | 2,88 | 43,18 | 34,73 | 21,92 | 5,1 | 0,4 | 5,5 |
| Mittel | 1,44 | 2,92 | 37,85 | 43,09 | 18,85 | 5,3 | + 0,1 | 5,1 |

Tabelle XI.

Raumgewichten.

| Wasser- saugfähig- keit nach 28 Tagen | Porositäts- Verhältnisse | | Druck- festigkeit in kg/cm ² in trock. Zustand | Brandfarbe | Bemerkungen |
|--|-----------------------------|------------|---|--------------------------------|--|
| | absolute | scheinbare | | | |
| 37,70 | 54 | 51 | 201 | Holzfarbe II — Stumpfocker III | |
| 45,86 | 57 | — | 371 | Stumpfocker III | |
| 35,90 | 52 | 49 | 337 | Fleischfarbig II | |
| 35,17 | 52 | 49 | 287 | Stumpfocker III | |
| 34,45 | 53 | 48 | 328 | Stumpfocker III—I | |
| 33,51 | 50 | 48 | 267 | Holzfarbe II | |
| 30,35 | 48 | 42 | 227 | „ II | |
| 36,14 | 53 | 51 | 253 | Stumpfocker III | |
| 34,87 | 53 | 49 | 240 | Holzfarbe II | |
| 34,31 | 52 | 49 | 196 | „ II | |
| 35,18 | 52 | 50 | 256 | Annähernd weiss | |
| 38,30 | 51 | 51 | 206 | Holzfarbe II | |
| 36,51 | 53 | 53 | 406 | Weissgelb | |
| 30,81 | 52 | 44 | 536 | Stumpfocker III | |
| 30,10 | 48 | 44 | — | | |
| — | 48 | — | — | Rötlich grau | Wegen stark rissiger Beschaffenheit der Probekörper konnten Wassersaugfähigkeit und Druckfestigkeit nicht bestimmt werden. |
| 30,79 | 51 | 45 | 420 | Zirka Holzfarbe II | |
| 30,70 | 46 | 45 | — | Holzfarbe | |
| 31,01 | 50 | 45 | 578 | Stumpfocker III | |
| 29,00 | 50 | 43 | 472 | „ III | |
| 31,45 | 50 | 46 | 376 | Holzfarbe II — Stumpfocker III | |
| 32,53 | 49 | 48 | 489 | Holzfarbe II | |
| 33,10 | 50 | 49 | 362 | Stumpfocker III | |
| 31,51 | 48 | 47 | 419 | Holzfarbe II | |
| 28,24 | 51 | 42 | 414 | Zirka Holzfarbe II | |
| 33,65 | 51 | 47 | 332 | | |

Festigkeitsverhältnisse.

Tone mit minimalen

| No des Tones | Druck- festigkeit kg/cm ² trocken | Schlamm-analyse | | Gehalt des gebrannten Materials an: | | | | |
|--------------------|---|--------------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|
| | | Magernde Bestandteile | Ton und Schluff | Si O ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ca O | Mg O |
| 259 | 28 | 65,69 | 34,31 | 75,41 | 16,90 | 5,25 | 0,30 | 0,33 |
| 258 | 30 | 73,05 | 26,95 | 80,03 | 12,81 | 4,09 | 1,17 | 0,31 |
| 30 | 36 | 58,47 | 41,53 | 54,72 | 9,64 | 3,46 | 26,30 | 0,79 |
| 260 | 48 | 51,05 | 48,95 | 69,65 | 19,36 | 6,07 | 0,02 | 1,35 |
| 456 | 51 | 30,99 | 69,01 | 51,67 | 7,62 | 5,65 | 25,46 | 7,15 |
| 288 | 76 | 66,10 | 33,90 | 80,88 | 11,31 | 3,36 | 0,97 | 2,60 |
| 274 | 77 | 69,96 | 30,04 | 85,09 | 8,70 | 4,04 | — | 1,41 |
| 292 | 83 | 62,95 | 37,05 | 77,11 | 13,55 | 4,03 | 0,64 | 3,35 |
| 511 | 87 | 50,58 | 49,42 | 57,70 | 5,55 | 3,81 | 22,72 | 5,45 |
| 404 | 99 | 46,93 | 53,07 | 49,16 | 13,68 | 5,39 | 25,87 | 4,47 |
| 509 | 102 | 66,03 | 33,97 | 53,57 | 8,35 | 2,88 | 25,31 | 8,26 |
| 504 | 108 | 53,65 | 46,35 | 53,30 | 9,34 | 3,70 | 23,47 | 6,89 |
| 257 | 110 | 66,58 | 33,42 | 81,40 | 11,52 | 4,05 | 1,86 | 0,33 |
| 142 | 111 | 30,80 | 69,20 | 55,36 | 11,61 | 3,41 | 23,02 | 2,76 |
| 36 | 112 | 63,50 | 36,50 | 59,89 | 8,92 | 2,73 | 21,21 | 5,81 |
| 219 | 141 | 21,25 | 78,75 | 51,77 | 10,00 | 5,88 | 27,25 | 1,36 |
| 414 | 143 | 21,35 | 78,65 | 51,53 | 12,14 | 4,12 | 23,07 | 7,06 |
| 110 | 143 | 64,30 | 35,70 | 74,52 | 14,07 | 3,85 | 1,52 | 1,25 |
| 301 | 151 | 62,94 | 37,06 | 60,34 | 12,15 | 4,60 | 17,12 | 4,22 |
| 482 | 161 | 49,60 | 50,40 | 51,33 | 23,32 | 5,87 | 11,82 | 2,92 |
| 21 | 162 | 40,77 | 59,23 | 53,76 | 14,70 | 3,33 | 25,13 | 1,81 |
| 515 | 163 | 4,25 | 95,75 | 42,91 | 11,04 | 5,52 | 30,48 | 7,44 |
| 541 | 165 | 67,42 | 32,58 | 71,18 | 9,29 | 3,18 | 10,52 | 4,63 |
| 165 | 176 | 61,45 | 38,55 | 78,28 | 11,85 | 3,20 | 1,05 | 1,29 |
| 27 | 179 | 8,36 | 91,64 | 46,51 | 18,45 | 5,49 | 23,42 | 3,38 |
| Mittel | 109 | 50,32 | 49,68 | 62,68 | 12,23 | 4,28 | 15,40 | 3,46 |

Tabelle XII.

Druckfestigkeiten (I. Versuchsreihe).

| Schwindung | | | Brand- tempera- tur | Brandfarbe | Porosität | | Wasser- saugkraft in % | |
|-------------------|-------|-------|---------------------------|-----------------|-----------|------------|------------------------------|------|
| Trocken | Brand | Total | | | absolute | scheinbare | | |
| 2,3 | 1,7 | 4,0 | 1050 | Fleischfarbig | I | 45 | 39 | 26,7 |
| 1,9 | 1,6 | 3,5 | 1050 | „ | II | 40 | 38 | 24,1 |
| 2,0 | + 1,4 | 0,4 | 1050 | Holzfarbe | II | 55 | 55 | 44,7 |
| 2,2 | 2,9 | 5,0 | 1050 | Fleischfarbig | I | 47 | 41 | 27,9 |
| 3,5 | + 1,4 | 2,0 | 1050 | Stumpfocker | III | 57 | 55 | 43,4 |
| 3,1 | 1,4 | 4,6 | 1050 | Fleischfarbig | I | 36 | 33 | 19,2 |
| 2,6 | 0,2 | 2,6 | 1050 | Ziegelrot | I | 30 | 26 | 13,7 |
| 3,4 | 2,0 | 5,2 | 1050 | Hausrot | II | 41 | 36 | 21,1 |
| Keine Probeziegel | | | 1050 | Stumpfocker | III | 47 | 40 | 27,0 |
| 2,4 | + 1,0 | 1,3 | 1050 | Holzfarbe | II | 53 | 46 | 35,9 |
| 2,5 | + 1,6 | 0,8 | 1050 | Stumpfocker | III | 49 | 44 | 31,1 |
| 3,3 | + 1,1 | 2,2 | 1050 | „ | | 52 | 49 | 35,9 |
| 3,2 | 1,3 | 4,5 | 1050 | Hausrot | III | 35 | 22 | 18,6 |
| 2,5 | + 0,5 | 2,0 | 1050 | Weissgelb | | 49 | 49 | 35,2 |
| 4,0 | + 0,6 | 3,4 | 1050 | Holzfarbe | II | 50 | 50 | 35,7 |
| 2,3 | + 0,8 | 1,5 | 1030 | Stumpfocker | III | 53 | 53 | 39,3 |
| 6,9 | 0,9 | 7,7 | 1050 | Annähernd weiss | | 58 | 58 | 46,2 |
| Keine Probeziegel | | | 1010 | Lederfarbig | III | 35 | 31 | 17,9 |
| 3,2 | + 0,6 | 2,6 | 1050 | Holzfarbe | II | 45 | 40 | 26,4 |
| 2,7 | 0,5 | 3,3 | 1050 | Fleischfarbig | II | 51 | 50 | 36,4 |
| 5,2 | + 0,4 | 4,8 | 1030 | Stumpfocker | III | 50 | 50 | 34,8 |
| 7,1 | 0,3 | 7,4 | 1050 | Weiss | | 55 | 55 | 40,2 |
| 3,0 | + 0,7 | 2,2 | 1050 | Missfarbig | | 42 | 36 | 23,1 |
| 4,7 | 2,0 | 6,8 | 1030 | Fleischfarbig | I | 33 | 31 | 17,1 |
| 4,2 | 1,0 | 5,2 | 1050 | Stumpfocker | III | 53 | 51 | 36,9 |
| 3,4 | — | 3,6 | 1046 | | | 46 | 39 | 30,3 |

Festigkeitsverhältnisse.

Tone mit maximalen

| No des Tones | Druck- festigkeit kg/cm ² trocken | Schlamm-analyse | | Gehalt des gebrannten Materials an: | | | | |
|--------------------|---|--------------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|
| | | Magernde Bestandteile | Ton und Schluff | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO |
| 466 | 2314 | 11,40 | 88,60 | 65,97 | 19,05 | 8,44 | 0,29 | 2,63 |
| 169 | 2275 | 22,48 | 77,52 | 64,04 | 18,73 | 7,29 | 0,99 | 4,57 |
| 472 | 1931 | 8,54 | 91,46 | 68,92 | 19,22 | 6,33 | 0,21 | 2,63 |
| 39 | 1787 | 10,40 | 89,60 | 64,59 | 23,00 | 4,04 | 0,63 | 2,36 |
| 475 | 1741 | 6,72 | 93,28 | 65,50 | 19,89 | 7,11 | 2,57 | 2,95 |
| 186 | 1664 | 18,00 | 82,00 | 54,72 | 18,96 | 5,67 | 13,85 | 5,96 |
| 520 | 1632 | 7,36 | 92,64 | 67,13 | 17,81 | 7,64 | 0,59 | 2,34 |
| 54 | 1619 | 9,81 | 90,19 | 71,26 | 18,16 | 4,62 | 1,03 | 1,97 |
| 16 | 1602 | 16,79 | 83,21 | 67,23 | 17,94 | 4,19 | 5,24 | 2,62 |
| 277 | 1573 | 7,89 | 92,11 | 55,98 | 18,47 | 8,63 | 12,84 | 2,66 |
| 430 | 1524 | 2,50 | 97,50 | 54,89 | 19,78 | 7,02 | 12,99 | 3,03 |
| 240 | 1503 | 22,54 | 77,46 | 68,00 | 15,77 | 7,25 | 2,10 | 2,61 |
| 52 | 1484 | 24,57 | 75,43 | 73,50 | 16,54 | 4,34 | 1,01 | 1,70 |
| 291 | 1473 | 29,85 | 70,15 | 71,85 | 17,04 | 4,85 | 0,51 | 3,78 |
| 428 | 1465 | 1,72 | 98,28 | 54,97 | 18,28 | 6,61 | 15,09 | 3,03 |
| 279 | 1436 | 14,86 | 85,14 | 57,82 | 16,25 | 7,17 | 14,55 | 2,98 |
| 239 | 1425 | 17,98 | 82,02 | 68,66 | 17,02 | 7,39 | 1,73 | 2,18 |
| 233 | 1381 | 29,85 | 70,15 | 74,32 | 15,42 | 6,09 | 1,01 | 0,63 |
| 432 | 1360 | 6,20 | 93,80 | 57,86 | 19,23 | 8,24 | 7,99 | 3,61 |
| 290 | 1339 | 34,52 | 65,48 | 72,03 | 15,89 | 5,67 | 0,98 | 3,39 |
| 266 | 1387 | 0,97 | 99,03 | 64,83 | 23,62 | 8,80 | 0,53 | 0,25 |
| 465 | 1316 | 12,50 | 87,50 | 59,77 | 17,38 | 5,33 | 11,15 | 3,36 |
| 7 | 1309 | 10,29 | 89,71 | 50,73 | 20,09 | 4,53 | 17,23 | 4,91 |
| 9 | 1272 | 6,79 | 93,21 | 51,14 | 19,48 | 4,82 | 19,83 | 2,64 |
| 487 | 1234 | 24,15 | 75,85 | 63,09 | 11,73 | 5,70 | 22,13 | 4,24 |
| Mittel | 1561 | 14,35 | 85,65 | 63,54 | 18,19 | 6,31 | 6,68 | 2,92 |

Tabelle XIII.

Druckfestigkeiten (I. Versuchsreihe).

| Schwindung | | | Brand- tempera- tur | Brandfarbe | Porosität | | Wasser- saugkraft in % | |
|-------------------------|-------|-------|---------------------------|---------------|-----------|------------|------------------------------|------|
| Trocken | Brand | Total | | | absolute | scheinbare | | |
| 9,3 | 8,5 | 17,1 | 1050 | Hausrot | II | 19 | 13 | 5,6 |
| 7,5 | 5,5 | 12,6 | 1030 | " | I | 15 | 15 | 6,8 |
| 9,1 | 7,6 | 16,0 | 1050 | Ziegelrot | I | 19 | 14 | 6,5 |
| 4,7 | 7,8 | 12,0 | 1050 | Hausrot | III | 28 | 31 | 16,3 |
| 9,2 | 5,4 | 14,1 | 1050 | " | III | 25 | 18 | 9,3 |
| 8,1 | 1,4 | 9,4 | 1050 | Ocker | III | 36 | 28 | 15,6 |
| 9,3 | 7,5 | 16,1 | 1050 | Hausrot | III | 22 | 18 | 8,6 |
| Probeziegel aufgebläht | | | 1050 | Ziegelrot | II | 26 | 22 | 11,0 |
| 9,1 | 1,5 | 10,5 | 1050 | Hausrot | III | 33 | 27 | 14,5 |
| 9,3 | 1,3 | 10,5 | 1050 | Fleischfarbig | I | 37 | 34 | 18,7 |
| 10,2 | 3,6 | 13,4 | 1050 | " | I | 17 | 5 | 2,2 |
| 10,5 | 3,3 | 13,5 | 1030 | Hausrot | III | 20 | 16 | 7,5 |
| 9,9 | 3,6 | 13,1 | 1050 | Ziegelrot | II | 25 | 22 | 11,2 |
| 8,9 | 5,3 | 13,7 | 1050 | " | I | 27 | 21 | 11,0 |
| 9,0 | 2,5 | 11,1 | 1050 | Holzfarbe | II | 28 | 21 | 11,4 |
| 10,1 | 0,7 | 10,7 | 1050 | Fleischfarbig | II | 37 | 33 | 18,5 |
| Probeziegel aufgedunsen | | | 1030 | Hausrot | III | 25 | 17 | 8,7 |
| 8,2 | 7,4 | 15,0 | 1030 | " | II | 23 | 16 | 7,6 |
| 8,3 | 1,2 | 9,4 | 1050 | Fleischfarbig | I | 34 | 30 | 16,4 |
| 9,6 | 6,0 | 15,0 | 1050 | Hausrot | III | 27 | 22 | 11,1 |
| 7,4 | 9,7 | 16,5 | 1050 | Ziegelrot | III | 29 | 27 | 13,8 |
| 7,9 | 0,2 | 8,1 | 1050 | Fleischfarbig | I—II | 39 | 37 | 22,3 |
| 10,1 | 1,3 | 11,4 | 1030 | Holzfarbe | II | 44 | 39 | 22,6 |
| 11,0 | 1,8 | 12,8 | 1030 | " | II | 44 | 44 | 25,8 |
| 4,6 | 4,3 | 8,7 | 1020 | Fleischfarbig | I | 29 | 19 | 10,2 |
| 8,7 | 4,2 | 12,6 | 1044 | | | 28,3 | 23,5 | 12,5 |

Festigkeitsverhältnisse.

Tone mit minimalen

| No des Tones | Druck- festigkeit in kg/cm ² | Resultate der chemisch-mechanischen Analyse | | | Pla- stizitäts- coefficient | Schwindungs-Verhältnisse | | |
|--------------------|---|--|--|------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | Quarzsand und unverwittertes Muttergestein | Carbonate v. Kalk und Magnesia; Gips und Eisen | Ton- Substanz | | Trocken- schwindung ‰ | Brand- schwindung ‰ | Gesamt- schwindung ‰ |
| 924 | 50 | 78,88 | 6,57 | 14,40 | 0 | 3,0 | + 0,4 | 2,6 |
| 1535 | 62 | 84,61 | 4,66 | 10,63 | 0 | 2,6 | + 0,3 | 2,3 |
| 1512 | 71 | 70,85 | 9,15 | 19,18 | 0 | 2,1 | + 0,7 | 1,4 |
| 1508 | 77 | 83,41 | 5,33 | 11,17 | 0 | 3,4 | + 0,5 | 3,5 |
| 1538 | 91 | 75,10 | 4,09 | 20,75 | 3 | 2,6 | 0,5 | 3,1 |
| 1540 | 103 | 71,04 | 9,94 | 18,89 | 2 | 3,4 | 0,3 | 3,7 |
| 1542 | 106 | 79,52 | 2,80 | 17,46 | 2 | 2,4 | 0,0 | 2,4 |
| 1513 | 126 | 87,75 | 3,98 | 10,78 | 0 | 3,3 | + 1,1 | 2,2 |
| 703 | 137 | 74,46 | 8,14 | 17,38 | — | 2,5 | + 0,6 | 1,9 |
| 1416 | 158 | 55,79 | 34,45 | 9,55 | 0 | 4,6 | + 1,4 | 3,9 |
| 1510 | 169 | 90,29 | 3,11 | 6,35 | 0 | 4,8 | 0,2 | 5,0 |
| 1404 | 186 | 79,38 | 9,62 | 10,85 | 0 | 4,0 | + 0,3 | 3,7 |
| 1539 | 181 | 69,12 | 2,34 | 28,44 | 124 | 3,7 | 2,0 | 5,7 |
| 1528 | 189 | 71,51 | 1,42 | 26,92 | 83 | 4,8 | 0,2 | 5,0 |
| 1600 | 196 | 45,59 | 37,20 | 17,11 | 3 | 4,4 | 0,5 | 4,9 |
| 1400 | 201 | 36,65 | 43,20 | 19,83 | — | 5,1 | + 1,4 | 3,8 |
| 1518 | 206 | 38,29 | 45,40 | 16,11 | 5 | 3,4 | + 1,1 | 2,3 |
| 1406 | 207 | 82,21 | 4,56 | 13,13 | 0 | 3,4 | 0,2 | 3,6 |
| 746 | 215 | 81,19 | 6,28 | 12,37 | 0 | 8,6 | + 4,2 | 4,4 |
| 1543 | 218 | 74,13 | 1,83 | 23,96 | 18 | 4,3 | 1,3 | 5,5 |
| 1433 | 219 | 66,34 | 12,22 | 21,07 | 4 | 9,9 | 1,8 | 11,5 |
| 1523 | 227 | 49,97 | 38,45 | 11,28 | 0 | 4,6 | + 0,7 | 3,9 |
| 638 | 234 | 60,69 | 7,08 | 32,15 | — | 4,5 | 3,5 | 7,8 |
| 611 | 231 | 76,45 | 2,87 | 20,69 | — | 4,0 | 0,6 | 4,6 |
| 1430 | 240 | 81,30 | 8,21 | 10,36 | 2 | 4,5 | 0,9 | 5,4 |
| Mittel | 164 | 70,4 | 12,52 | 16,83 | 11 | 4,2 | 0,0 | 4,2 |

Tabelle XIV.

Druckfestigkeiten (II. Versuchsreihe).

| Brand- temperatur in °C | Brandfarbe | Porositäts-Verhältnisse | | Wasser- saugkraft in ‰ | |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|-------|
| | | Absolute Poro- sität | Scheinbare Poro- sität | | |
| 950 | Ziegelrot | II | 37 | 30 | 18,04 |
| 1070 | Lederfarbig | II | 31 | 24 | 12,83 |
| 1070 | " | II | 36 | 24 | 20,26 |
| 1050 | Hausrot | III | 35 | 30 | 17,20 |
| 1070 | Lederfarbig | II | 31 | 29 | 15,19 |
| 1070 | Ziegelrot | I | 35 | 31 | 16,59 |
| 1100 | Weiss | II | 32 | 28 | 14,95 |
| 1070 | Lederfarbig | II | 36 | 33 | 19,17 |
| 1050 | Fleischfarbig | I | 35 | 29 | 16,79 |
| 1050 | Holzfarbe | II | 45 | 42 | 27,53 |
| 1050 | Ziegelrot | II | 35 | 28 | 15,40 |
| 1050 | Lederfarbig | I | 36 | 31 | 18,40 |
| 1070 | Weiss mit Rotstich | | 39 | 31 | 18,47 |
| 1070 | Fleischfarbig | II | 33 | 32 | 17,54 |
| 1040 | Holzfarbe | II | 52 | 49 | 34,31 |
| 1050 | " | II | 54 | 51 | 37,70 |
| 1070 | " | II | 51 | 51 | 38,30 |
| 1050 | Lederfarbig | II | 35 | 28 | 16,00 |
| 1050 | Ziegelrot | IV | 38 | 32 | 19,11 |
| 1100 | Weiss | | 31 | 30 | 16,08 |
| 1050 | Lederfarbig | II | 43 | 42 | 27,66 |
| 1070 | Holzfarbe | II | 48 | 42 | 30,30 |
| 1050 | Lederfarbig | II | 37 | 33 | 19,06 |
| 1050 | Hausrot | III | 34 | 30 | 17,13 |
| 1050 | " | III | 32 | 28 | 15,35 |
| 1057 | | | 38 | 34 | 20,77 |

Festigkeitsverhältnisse.

Tone mit maximalen

| No. des Tones | Druckfestigkeit in kg/cm ² | Resultate der chemisch-mechanischen Analyse | | | Plastizitäts-coefficient | Schwindungs-Verhältnisse | | |
|---------------|---------------------------------------|---|--|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|
| | | Quarzsand und unverwittertes Muttergestein | Carbonate v. Kalk und Magnesia; Gips und Eisen | Ton-Substanz | | Trockenschwindung % | Brand-schwindung % | Gesamt-schwindung % |
| | | | | | | | | |
| 1559 | 1064 | 53,10 | 21,75 | 24,59 | 67 | 10,6 | 0,9 | 11,4 |
| 1557 | 1074 | 55,43 | 13,02 | 31,35 | 61 | 10,7 | 0,1 | 10,6 |
| 807 | 1115 | 56,91 | 7,38 | 35,70 | nicht best. | 7,4 | 2,2 | 9,4 |
| 745 | 1130 | 62,85 | 11,70 | 25,35 | 62 | 7,6 | 3,8 | 11,1 |
| 909 | 1121 | 23,42 | 47,08 | 28,70 | 182 | 6,5 | 1,7 | 8,1 |
| 1105 | 1128 | 71,40 | 14,58 | 13,54 | nicht best. | 5,4 | 1,8 | 7,1 |
| 1514 | 1146 | 38,45 | 37,18 | 24,37 | 163 | 5,8 | 1,6 | 7,3 |
| 808 | 1147 | 35,72 | 13,35 | 50,91 | nicht best. | 8,9 | 7,1 | 15,4 |
| 1401 | 1159 | 50,27 | 35,13 | 14,46 | 66 | 8,0 | 1,1 | 9,0 |
| 608 | 1203 | 57,72 | 4,41 | 37,57 | nicht best. | 9,3 | + 2,9 | 7,9 |
| 1554 | 1209 | 43,11 | 31,08 | 25,67 | 110 | 7,2 | 0,8 | 7,9 |
| 720 | 1218 | 65,72 | 21,27 | 11,76 | nicht best. | 7,3 | 1,7 | 8,9 |
| 623 | 1244 | 46,09 | 7,23 | 46,68 | „ | 8,8 | 3,7 | 12,2 |
| 1410 | 1250 | 63,31 | 8,40 | 30,01 | 77 | 8,8 | 3,6 | 12,1 |
| 650 | 1301 | 30,31 | 40,37 | 29,27 | nicht best. | 6,2 | 0,2 | 8,1 |
| 2000 | 1322 | 61,76 | 18,21 | 19,88 | 90 | 7,8 | 1,2 | 8,9 |
| 716 | 1359 | 63,58 | 14,75 | 22,45 | nicht best. | 7,0 | 1,9 | 8,8 |
| 1110 | 1364 | 66,59 | 6,98 | 26,39 | 58 | 8,0 | 2,2 | 10,0 |
| 2012 | 1390 | 69,85 | 10,78 | 19,28 | 54 | 6,5 | 3,1 | 9,6 |
| 602 | 1412 | 36,67 | 1,89 | 61,23 | nicht best. | 7,8 | 8,2 | 15,2 |
| 809 | 1514 | 48,01 | 4,71 | 47,36 | „ | 8,0 | 4,9 | 12,5 |
| 818 | 1632 | 26,94 | 4,77 | 68,28 | „ | 7,6 | 4,5 | 11,8 |
| 618 | 1662 | 48,10 | 4,15 | 47,71 | „ | 6,6 | 5,1 | 11,4 |
| 1526 | 2294 | 55,61 | 4,17 | 40,17 | 122 | 6,5 | 4,1 | 10,3 |
| 733 | 2334 | 63,12 | 5,28 | 31,50 | 103 | 6,6 | 5,5 | 11,7 |
| Mittel | 1351 | 51,76 | 15,58 | 32,57 | 93 | 7,6 | 2,9 | 10,3 |

Tabelle XV.

Druckfestigkeiten (II. Versuchsreihe).

| Brandtemperatur in °C | Brandfarbe | Porositäts-Verhältnisse | | Wassersaugkraft in % | |
|-----------------------|---------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------|
| | | Absolute Porosität | Scheinbare Porosität | | |
| 950 | Ziegelrot | I | 26 | 19 | 9,72 |
| 920 | „ | II | 20 | 6 | 2,74 |
| 1010 | Hausrot | III | 29 | 19 | 9,86 |
| 970 | Ziegelrot | I | 28 | 27 | 13,73 |
| 1070 | Stumpfocker | III | 42 | 40 | 23,52 |
| 1050 | Ziegelrot | II | 31 | 25 | 13,30 |
| 1070 | Weissgelb | | 42 | 42 | 26,50 |
| 1050 | „ | | 25 | 19 | 9,44 |
| 1050 | Hausrot | I | 25 | 15 | 7,80 |
| 1050 | Ziegelrot | II | 28 | 23 | 12,57 |
| 1050 | Holzfarbe | II | 40 | 32 | 18,81 |
| 1010 | Hausrot | III | 21 | 18 | 8,37 |
| 1010 | Fleischfarbig | I | 28 | 25 | 12,99 |
| 1020 | Ziegelrot | II | 25 | 22 | 11,35 |
| 1050 | Weissgelb | | 35 | 35 | 14,74 |
| 1070 | „ | | 44 | 43 | 26,13 |
| 1010 | Hausrot | III | 18 | 14 | 6,57 |
| 1050 | Ziegelrot | II | 22 | 16 | 7,84 |
| 1040 | Hausrot | III | 28 | 17 | 8,61 |
| 1010 | Lederfarbig | II | 28 | 20 | 10,40 |
| 1010 | Hausrot | III | 20 | 13 | 6,30 |
| 1010 | „ | III | 19 | 15 | 6,94 |
| 1010 | Ziegelrot | I | 16 | 12 | 5,34 |
| 1070 | Hausrot | III | 22 | 21 | 9,54 |
| 1020 | „ | III | 19 | 13 | 6,19 |
| 1025 | | | 27 | 22 | 11,57 |

Einwirkung der Wasserlagerung auf die Festigkeit.

Tone mit maximalen Erweichungs-

| No des Tones | Mittlerer Er- weichungs- koeffizient | Gehalte des gebrannten Tones an: | | | | | | Schlamm-analyse | |
|--------------------|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|--------------------|-----------------------|-----------|
| | | Si O ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ca O | Mg O | Ca SO ₄ | Ton- substanz % | Sand % |
| 269 | 1,54 | 49,52 | 35,32 | 14,47 | 0,20 | — | 0,42 | 98,00 | 2,00 |
| 229 | 1,45 | 48,61 | 17,02 | 5,95 | 26,66 | 1,23 | 0,21 | 95,64 | 4,36 |
| 112 | 1,36 | 68,68 | 17,51 | 4,47 | 3,92 | 2,08 | 1,15 | 45,40 | 54,60 |
| 37 | 1,26 | 71,25 | 16,67 | 4,02 | 3,43 | 2,53 | 0,53 | 74,20 | 25,80 |
| 60 | 1,22 | 53,26 | 17,19 | 5,64 | 16,06 | 3,24 | 2,35 | 87,80 | 12,20 |
| 9 | 1,20 | 51,14 | 19,48 | 4,82 | 19,83 | 2,64 | 1,08 | 93,21 | 6,79 |
| 18 | 1,17 | 70,61 | 18,09 | 4,77 | 1,12 | 2,63 | 0,56 | 85,24 | 14,76 |
| 541 | 1,17 | 71,18 | 9,29 | 3,18 | 10,52 | 4,63 | 0,81 | 32,58 | 67,42 |
| 61 | 1,16 | 54,78 | 17,69 | 5,89 | 14,72 | 3,98 | 0,88 | 83,70 | 16,30 |
| 175 | 1,16 | 52,60 | 19,18 | 8,33 | 11,37 | 4,39 | 1,65 | 92,40 | 7,60 |
| 1001 | 1,13 | 72,42 | 15,76 | 5,84 | 0,45 | 1,90 | 1,24 | 74,38 | 25,62 |
| 482 | 1,12 | 51,33 | 23,32 | 5,87 | 11,82 | 2,92 | 3,35 | 50,40 | 49,60 |
| 247 | 1,14 | 51,83 | 39,53 | 7,36 | 0,84 | 0,06 | 0,39 | 99,29 | 0,71 |
| 302 | 1,11 | 50,05 | 17,22 | 7,97 | 18,89 | 4,46 | 1,10 | 98,77 | 1,23 |
| 241 | 1,10 | 53,12 | 15,09 | 5,63 | 16,09 | 3,82 | 1,07 | 82,11 | 17,89 |
| 544 | 1,09 | 56,97 | 8,07 | 5,14 | 21,82 | 5,73 | 1,83 | 40,77 | 59,23 |
| 498 | 1,09 | 54,01 | 13,18 | 5,64 | 19,99 | 3,94 | 3,04 | 71,69 | 28,31 |
| 13 | 1,09 | 51,00 | 19,29 | 4,73 | 18,69 | 2,96 | 1,97 | 92,74 | 7,26 |
| 95 | 1,09 | 50,11 | 18,99 | 5,67 | 17,21 | 5,17 | 0,73 | 88,90 | 11,10 |
| 531 | 1,07 | 50,50 | 11,34 | 5,09 | 21,17 | 8,28 | 2,34 | 56,77 | 43,23 |
| Mittel | 1,19 | 56,65 | 18,46 | 6,02 | 12,74 | 3,33 | 1,33 | 77,20 | 22,80 |

Tabelle XVI.

coeffizienten, d. h. durch die Wasseraufnahme erhöhten Festigkeiten.

| Wasser- saugkraft in % | Porosität | | Gehalt an löslichen Salzen | Druckfestigkeit kg/cm ² im | | Brandfarbe |
|------------------------------|-----------|------------|-------------------------------------|--|--------|----------------------------|
| | absolute | scheinbare | | trockenen Zustande | nassen | |
| 19,1 | 36 | 35 | 0,19 | 580 | 553 | Ziegelrot III |
| 29,3 | 49 | 47 | 0,57 | 545 | 465 | Weissgelb |
| 14,7 | 34 | 25 | 0,12 | 215 | 250 | Fleischfarbig II |
| 19,3 | 35 | 34 | 0,24 | 558 | 811 | Lederfarbig I |
| 20,2 | 32 | 38 | 0,17 | 845 | 894 | Ocker III |
| 25,8 | 44 | 44 | 0,24 | 1271 | 1052 | Holzfarbe II |
| 10,5 | 23 | 21 | 0,13 | 1043 | 1130 | Hausrot III |
| 23,1 | 42 | 36 | 0,17 | 165 | 166 | Missfarbig |
| 12,6 | 21 | 23 | 0,11 | 903 | 1175 | Orange Ic |
| 32,9 | 49 | 48 | 0,12 | 382 | 406 | Holzfarbe II |
| 14,0 | 29 | 26 | 0,14 | 603 | 733 | Orange Ia |
| 36,4 | 50 | 50 | 0,17 | 101 | 186 | Fleischfarbig II |
| 18,1 | 35 | 33 | 0,55 | 630 | 790 | „ I |
| 25,7 | 44 | 29 | 0,19 | 969 | 1000 | Holzfarbig — Fleischfarbig |
| 21,0 | 43 | 36 | 0,27 | 1152 | 1150 | Holzfarbe II |
| 33,9 | 51 | 48 | 0,52 | 232 | 254 | Stumpfocker III |
| 27,4 | 45 | 44 | 0,17 | 589 | 644 | Holzfarbe II |
| 26,9 | 47 | 45 | 0,24 | 861 | 756 | „ II |
| 22,2 | 38 | 38 | 0,18 | 866 | 874 | Orange Ic |
| 26,7 | 47 | 41 | 0,20 | 471 | 510 | Holzfarbe II |
| 22,9 | 39,7 | 37,0 | 0,23 | 649 | 690 | |

Einwirkung der Wasserlagerung auf die Festigkeit.

Tone mit minimalen Erweichungs-

| No des Tones | Mittlerer Er- weichungs- koeffizient | Gehalt des gebrannten Tones an: | | | | | | Schlamm-analyse | |
|--------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|--------------------|-----------------------|-----------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ca O | Mg O | Ca SO ₄ | Ton- substanz % | Sand % |
| 409 | 0,60 | 70,02 | 16,76 | 6,25 | 1,37 | 2,37 | 1,02 | 76,25 | 23,75 |
| 57 | 0,64 | 51,35 | 16,12 | 4,86 | 22,76 | 2,70 | 1,18 | 91,18 | 8,82 |
| 513 | 0,66 | 44,83 | 15,10 | 6,20 | 25,24 | 5,67 | 2,55 | 96,56 | 3,44 |
| 203 | 0,69 | 62,72 | 21,85 | 6,65 | 1,65 | 1,19 | 2,09 | 83,28 | 16,72 |
| 142 | 0,70 | 55,36 | 11,61 | 3,41 | 23,02 | 2,76 | 1,16 | 30,80 | 69,20 |
| 196 | 0,72 | 46,98 | 15,93 | 4,74 | 28,35 | 3,42 | 0,58 | 86,94 | 13,06 |
| 534 | 0,74 | 51,40 | 13,34 | 6,48 | 22,68 | 2,92 | 1,26 | 87,12 | 12,88 |
| 201 | 0,75 | 51,17 | 12,10 | 5,77 | 24,43 | 4,39 | 0,25 | 86,07 | 13,93 |
| 148 | 0,76 | 55,67 | 12,34 | 4,33 | 22,98 | 1,82 | 1,23 | 71,20 | 28,80 |
| 166 c | 0,76 | 76,34 | 12,19 | 4,47 | 0,78 | 1,72 | — | 35,87 | 64,13 |
| 402 | 0,76 | 55,63 | 11,88 | 3,76 | 22,20 | 6,53 | — | 63,27 | 36,73 |
| 131 | 0,77 | 52,85 | 15,79 | 4,71 | 19,21 | 2,89 | 3,08 | 89,70 | 10,30 |
| 40 | 0,77 | 72,24 | 18,60 | 4,59 | 0,23 | 1,81 | 1,71 | 80,16 | 19,84 |
| 455 | 0,77 | 78,08 | 10,53 | 5,19 | 0,23 | 3,04 | 1,79 | 56,98 | 43,02 |
| 30 | 0,78 | 54,72 | 9,64 | 3,47 | 26,30 | 0,79 | 0,56 | 41,53 | 58,47 |
| 417 | 0,78 | 51,76 | 10,51 | 3,89 | 24,99 | 6,22 | 0,94 | 75,43 | 24,57 |
| 510 | 0,78 | 51,76 | 10,42 | 5,15 | 22,91 | 5,73 | 1,53 | 66,20 | 33,80 |
| 126 | 0,79 | 56,97 | 16,28 | 4,14 | 19,17 | 2,77 | 0,41 | 81,90 | 18,10 |
| 171 | 0,79 | 67,60 | 18,46 | 6,26 | 0,94 | 4,18 | Spur | 59,59 | 40,41 |
| 456 | 0,79 | 51,67 | 7,62 | 5,65 | 25,46 | 7,15 | 2,45 | 69,01 | 30,99 |
| Mittel | 0,74 | 57,96 | 13,85 | 4,99 | 16,74 | 3,50 | 1,19 | 71,45 | 28,55 |

Tabelle XVII.

coeffizienten, d. h. durch die Wasseraufnahme verminderten Festigkeiten.

| Wasser- saugkraft in % | Porosität | | Gehalt an löslichen Salzen | Druckfestigkeit in kg/cm ² im | | Brandfarbe | |
|------------------------------|-----------|------------|-------------------------------------|---|--------|--------------------|------|
| | absolute | scheinbare | | trockenen Zustande | nassen | | |
| | | | | | | | 10,8 |
| 20,4 | 38 | 37 | 0,19 | 1006 | 387 | Stumpfocker | III |
| 25,2 | 44 | 44 | 0,28 | 898 | 338 | Weissgelb | |
| 11,0 | 25 | 22 | 0,13 | 712 | 448 | Hausrot | III |
| 35,2 | 49 | 51 | 0,13 | 111 | 78 | Weissgelb | |
| 28,0 | 41 | 48 | 0,37 | 563 | 439 | " | |
| 26,2 | 44 | 43 | 0,16 | 804 | 550 | Stumpfocker | III |
| 35,7 | 51 | 52 | 0,15 | 280 | 176 | " | III |
| 29,2 | 48 | 43 | 0,23 | 398 | 320 | Fleischfarbig | II |
| 19,4 | 35 | 33 | 0,08 | 296 | 189 | Hausrot | III |
| 34,8 | 51 | 48 | 0,13 | 248 | 196 | Stumpfocker | III |
| 27,7 | 42 | 41 | 1,01 | 549 | 492 | Weissgelb | |
| 14,5 | 31 | 27 | 0,06 | 885 | 640 | Ziegelrot | III |
| 18,7 | 34 | 33 | 0,11 | 497 | 365 | Braunrot | |
| 44,7 | 55 | 55 | 0,15 | 36 | 29 | Holzfarbe | II |
| 39,8 | 54 | 53 | 0,25 | 208 | 169 | Stumpfocker | III |
| 30,1 | 48 | 46 | 0,20 | 330 | 250 | " | III |
| 28,9 | 44 | 44 | 0,26 | 509 | 373 | Lederfarbig | II |
| 13,6 | 27 | 26 | 0,07 | 1119 | 884 | Braunrot — Hausrot | I |
| 43,4 | 57 | 55 | 0,26 | 51 | 39 | Stumpfocker | III |
| 26,8 | 42 | 41 | 0,21 | 543 | 344 | | |

Einwirkung der Wasserlagerung auf die Festigkeit.

Tabelle XVIII.

Tone mit maximalen Erweichungskoeffizienten, d. h. durch die Wasseraufnahme erhöhter Festigkeit.

| No des Tones | Mittlerer Erwei- chungs- coeffizient | Resultate der chemisch- mechanischen Analyse | | | Wasser- saug- kraft in % | Porosität | | Lösliche Salze % | Druckfestigkeit in kg/cm ² | | Brandfarbe |
|--------------------|---|---|--|------------------|-----------------------------------|-----------|-----------------|------------------------|--|------|------------------------------|
| | | Quarzsand u. unverwitt. Muttergestein | Carbonate von Kalk, Magnesia, Gips und Eisen | Ton- substanz | | absolute | schein- bare | | trocken | nass | |
| 828 | 1,56 | 59,07 | 20,67 | 20,02 | 15,80 | 36 | 27 | 0,15 | 579 | 901 | Fleischfarbig I |
| 1610 | 1,36 | 56,08 | 18,62 | 25,02 | 16,30 | 34 | 30 | 0,06 | 652 | 887 | Hausrot III |
| 743 | 1,27 | 50,06 | 33,13 | 16,76 | 23,74 | 48 | 37 | 0,15 | 261 | 332 | Holzfarbe II |
| 1590 | 1,25 | 61,51 | 24,47 | 13,98 | 12,96 | 29 | 25 | 0,04 | 732 | 914 | Hausrot III |
| 1428 | 1,22 | 67,93 | 10,80 | 20,91 | 8,47 | 27 | 16 | 0,05 | 1183 | 1445 | „ III |
| 643 | 1,22 | 64,52 | 9,81 | 25,05 | 13,88 | 31 | 26 | 0,05 | 562 | 686 | „ III |
| 1588 | 1,21 | 64,34 | 19,26 | 16,18 | 13,58 | 26 | 26 | 0,13 | 616 | 744 | „ III |
| 1549 | 1,21 | 82,30 | 4,47 | 13,07 | 16,74 | 36 | 29 | 0,06 | 416 | 503 | Lederfarbig II |
| 709 | 1,20 | 79,46 | 6,24 | 14,33 | 7,89 | 30 | 15 | 0,05 | 754 | 911 | Hausrot III |
| 618 | 1,19 | 48,10 | 4,15 | 47,71 | 5,34 | 16 | 12 | 0,02 | 1662 | 1977 | Ziegelrot I |
| 927 | 1,18 | 35,70 | 49,98 | 14,07 | 31,45 | 50 | 46 | 0,15 | 376 | 442 | Holzfarbe II—Stumpfocker III |
| 2015 | 1,15 | 46,47 | 30,16 | 23,25 | 28,98 | 49 | 45 | 0,11 | 358 | 413 | Fleischfarbig II |
| 1530 | 1,15 | 60,71 | 0,88 | 37,94 | 16,32 | 31 | 30 | 0,15 | 327 | 377 | Rein weiss |
| 1587 | 1,15 | 38,77 | 46,41 | 14,42 | 19,74 | 42 | 31 | 0,17 | 638 | 735 | „ II |
| 1584 | 1,15 | 69,19 | 18,83 | 10,85 | 13,98 | 31 | 26 | 0,08 | 598 | 688 | Hausrot III |
| 603 | 1,15 | 38,52 | 28,05 | 33,23 | 20,54 | 37 | 35 | 0,15 | 796 | 915 | Stumpfocker III |
| 901 | 1,13 | 25,17 | 36,19 | 38,71 | 23,92 | 43 | 41 | 0,18 | 699 | 786 | „ III |
| 930 | 1,12 | 35,95 | 45,89 | 17,83 | 30,85 | 49 | 47 | 0,28 | 432 | 486 | Holzfarbe II—Stumpfocker III |
| 1576 | 1,12 | 62,56 | 10,82 | 26,17 | 7,41 | 26 | 14 | 0,05 | 1289 | 1438 | Hausrot III |
| 647 | 1,12 | 70,05 | 11,97 | 18,06 | 13,98 | 33 | 26 | 0,02 | 665 | 745 | „ III |
| Mittel | 1,21 | 55,82 | 21,54 | 22,38 | 17,09 | 35 | 29 | 0,10 | 680 | 816 | |

Einwirkung der Wasserlagerung auf die Festigkeit.

Tabelle XIX.

Tone mit minimalen Erweichungscoefficienten, d. h. durch die Wasseraufnahme verminderteter Festigkeit.

| No des Tones | Mittlerer Erwei- chungs- coefficient | Resultate der chemisch- mechanischen Analyse | | | Wasser- saug- kraft in o/o | Porosität | | Lösliche Salze o/o | Druckfestigkeit in kg/cm ² | | Brandfarbe |
|--------------------|---|---|--|------------------|-------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--|------|------------------|
| | | Quarzsand u. unverwitt. Muttergestein | Carbonate von Kalk, Magnesia, Gips und Eisen | Ton- substanz | | absolute | schein- bare | | trocken | nass | |
| 1569 | 0,75 | 66,23 | 9,44 | 24,21 | 16,31 | 34 | 30 | 0,10 | 932 | 700 | Hausrot III |
| 601 | 0,74 | 69,62 | 4,35 | 25,98 | 6,86 | 22 | 14 | 0,06 | 1961 | 1460 | „ I |
| 740 | 0,73 | 56,72 | 10,32 | 32,47 | 10,67 | 25 | 21 | 0,13 | 649 | 471 | Lederfarbig I |
| 2001 | 0,73 | 41,97 | 37,20 | 20,81 | 26,13 | 44 | 43 | 0,12 | 678 | 493 | Weissgelb |
| 1720 | 0,73 | 44,12 | 38,02 | 17,82 | 23,32 | 41 | 39 | 0,14 | 969 | 707 | Fleischfarbig I |
| 817 | 0,73 | 67,68 | 7,95 | 24,19 | 15,18 | 36 | 27 | 0,08 | 524 | 384 | Hausrot III |
| 634 | 0,72 | 57,81 | 6,87 | 35,20 | 11,11 | 27 | 21 | 0,07 | 963 | 693 | Fleischfarbig I |
| 1112 | 0,71 | 71,14 | 5,78 | 22,50 | 12,97 | 31 | 24 | 0,11 | 883 | 623 | Ziegelrot I |
| 1100 | 0,70 | 45,08 | 33,76 | 21,05 | 25,60 | 44 | 43 | 0,09 | 943 | 651 | Stumpfocker III |
| 710 | 0,70 | 80,76 | 4,60 | 14,62 | 12,84 | 34 | 23 | 0,04 | 570 | 402 | Hausrot III |
| 2010 | 0,69 | 61,84 | 18,65 | 19,46 | 19,86 | 37 | 33 | 0,14 | 699 | 480 | Fleischfarbig II |
| 1561 | 0,68 | 61,93 | 12,09 | 25,61 | 7,23 | 20 | 15 | 0,10 | 1064 | 720 | Ziegelrot II |
| 1105 | 0,67 | 71,40 | 14,58 | 13,54 | 13,30 | 31 | 25 | 0,09 | 1128 | 753 | „ II |
| 628 | 0,67 | 71,42 | 4,69 | 23,41 | 12,79 | 25 | 25 | 0,01 | 988 | 668 | „ II |
| 1506 | 0,61 | 33,75 | 59,91 | 15,16 | 27,30 | 41 | 41 | 0,20 | 572 | 349 | Stumpfocker III |
| 1514 | 0,60 | 38,45 | 37,18 | 24,37 | 26,50 | 42 | 42 | 0,12 | 1146 | 689 | Weissgelb |
| 1572 | 0,59 | 30,24 | 39,14 | 30,58 | 16,29 | 34 | 29 | 0,18 | 497 | 292 | Fleischfarbig II |
| 1513 | 0,57 | 84,75 | 3,98 | 10,78 | 19,17 | 36 | 33 | 0,04 | 126 | 71 | Lederfarbig II |
| 1410 | 0,55 | 61,31 | 8,40 | 30,01 | 11,35 | 25 | 22 | 0,09 | 1250 | 694 | Ziegelrot II |
| 1555 | 0,43 | 16,58 | 62,50 | 20,20 | 45,86 | 57 | — | 0,32 | 371 | 161 | Stumpfocker III |
| Mittel | 0,67 | 56,64 | 20,97 | 22,60 | 18,03 | 39 | 28 | 0,11 | 846 | 573 | |

Gehalt an löslichen Salzen.

Tabelle XX.

Tone mit einem Maximalgehalt an löslichen Salzen.

| No des Tones | Gehalt an lös- lichen Salzen % | Gehalt des gebrannten Materials an: | | | | | | | Brand- tempera- tur °C | Brandfarbe |
|--------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|--------------------|----------|------------------------------|------------------|
| | | Si O ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ca O | Mg O | Ca SO ₄ | Alkalien | | |
| 113 | 1,78 | 48,92 | 20,22 | 6,68 | 13,95 | 3,39 | 5,88 | 0,96 | 1030 | Holzfarbe II |
| 118 | 1,33 | 43,73 | 12,73 | 5,90 | 20,96 | 13,46 | 1,81 | 1,77 | 1030 | Holzfarbe II |
| 111 | 1,27 | 53,99 | 19,91 | 5,46 | 7,17 | 5,57 | 4,32 | 3,58 | 1010 | Fleischfarbig II |
| 127 | 1,22 | 62,85 | 18,74 | 3,93 | 6,04 | 2,43 | 4,19 | 1,82 | 1010 | Lederfarbig IV |
| 263 | 1,13 | 53,20 | 17,71 | 6,29 | 17,83 | 2,75 | 2,11 | 0,11 | 1050 | Holzfarbe II |
| 265 | 1,12 | 49,34 | 18,17 | 6,47 | 20,58 | 1,36 | 1,54 | 2,54 | 1050 | Fleischfarbig II |
| 131 | 1,01 | 52,85 | 15,79 | 4,71 | 19,21 | 2,89 | 3,08 | 1,46 | 1010 | Weissgelb |
| 262 | 1,00 | 48,37 | 18,37 | 7,34 | 21,96 | 0,72 | 2,04 | 1,20 | 1050 | Fleischfarbig II |
| 4 | 0,94 | 46,79 | 20,07 | 4,38 | 23,76 | 2,64 | 1,41 | 0,95 | 1050 | Stumpfocker III |
| 21 | 0,84 | 53,76 | 14,70 | 3,33 | 25,13 | 1,81 | 0,62 | 0,65 | 1030 | „ III |
| 515 | 0,70 | 49,91 | 11,04 | 5,52 | 30,48 | 7,44 | 2,61 | — | 1050 | Weiss |
| 261 | 0,58 | 50,97 | 15,76 | 6,71 | 24,04 | 0,45 | 1,57 | 0,50 | 1050 | Fleischfarbig II |
| 522 | 0,58 | 48,30 | 15,38 | 5,82 | 23,92 | 4,65 | 1,87 | 0,06 | 1050 | Stumpfocker III |
| 507 | 0,58 | 48,62 | 11,68 | 4,40 | 26,25 | 6,76 | 1,70 | 0,59 | 1050 | „ III |
| 229 | 0,57 | 48,61 | 17,02 | 5,95 | 26,66 | 1,23 | 0,21 | 0,32 | 1050 | Weissgelb |
| 8 | 0,56 | 48,20 | 20,86 | 4,40 | 21,64 | 2,48 | 1,20 | 1,22 | 1030 | Stumpfocker III |
| 521 | 0,55 | 52,16 | 15,39 | 5,83 | 18,17 | 4,00 | 2,08 | 2,31 | 1050 | „ III |
| 408 | 0,54 | 50,55 | 11,24 | 4,91 | 25,67 | 5,53 | 1,97 | 0,13 | 1050 | Weissgelb |
| 3 | 0,54 | 46,99 | 18,28 | 4,87 | 25,48 | 3,08 | 1,25 | 0,05 | 1050 | Stumpfocker III |
| 535 | 0,53 | 50,03 | 9,39 | 5,42 | 24,09 | 4,50 | 1,59 | 4,98 | 1050 | Holzfarbe II |
| Mittel | 0,87 | 50,41 | 16,12 | 5,41 | 21,15 | 3,86 | 2,15 | 1,32 | 1040 | |

Gehalt an löslichen Salzen.

Tabelle XXI.

Tone mit einem Minimalgehalt an löslichen Salzen.

| No. des Tones | Gehalt an lös- lichen Salzen % | Gehalt des gebrannten Materials an: | | | | | | | Brand- tempera- tur °C | Brandfarbe | |
|---------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-------------------|----------|------------------------------|--------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | CaSO ₄ | Alkalien | | | |
| 466 | 0,03 | 65,97 | 19,05 | 8,44 | 0,29 | 2,63 | 1,22 | 2,40 | 1050 | Hausrot | II |
| 492 | 0,03 | 72,30 | 18,00 | 6,88 | 0,10 | 1,66 | 0,97 | 0,09 | 1050 | Ziegelrot | II |
| 1004 | 0,03 | 60,88 | 12,47 | 6,07 | 13,95 | 4,27 | 0,86 | 1,50 | 1050 | Holzfarbe | II |
| 191 | 0,04 | 75,40 | 19,16 | 2,02 | 0,99 | 1,76 | 0,18 | 0,49 | 1030 | Lederfarbig | II |
| 465 | 0,04 | 59,77 | 17,38 | 5,33 | 11,15 | 3,36 | 3,01 | 0,00 | 1050 | Fleischfarb. | I-II |
| 495 | 0,04 | 70,96 | 15,04 | 5,82 | 0,84 | 2,50 | 1,02 | 3,82 | 1050 | Ziegelrot | II |
| 289 | 0,05 | 77,55 | 12,67 | 4,16 | 0,96 | 2,40 | 0,94 | 1,32 | 1050 | Hausrot | III |
| 292 | 0,05 | 77,11 | 13,55 | 4,03 | 0,64 | 3,35 | 1,08 | 0,24 | 1050 | „ | II |
| 293 | 0,05 | 66,01 | 19,67 | 7,01 | 0,78 | 4,41 | 2,12 | 0,00 | 1050 | „ | III |
| 295 | 0,05 | 70,65 | 15,65 | 4,64 | 0,94 | 1,45 | 1,24 | 5,42 | 1050 | Ziegelrot | I |
| 308 | 0,05 | 61,93 | 20,31 | 8,68 | 1,08 | 4,23 | 1,30 | 2,47 | 1050 | Hausrot | II |
| 160 | 0,05 | 71,02 | 15,97 | 4,40 | 0,07 | 1,86 | 1,23 | 4,85 | 1030 | „ | I |
| 50 | 0,05 | 77,20 | 12,80 | 4,65 | 0,60 | 1,76 | 0,27 | 2,72 | 1050 | Hausrot | III |
| 542 | 0,05 | 75,61 | 13,23 | 5,60 | 0,15 | 2,19 | 1,45 | 1,77 | 1050 | „ | III |
| 496 | 0,05 | 73,76 | 16,51 | 5,74 | 0,67 | 2,10 | 1,05 | 0,17 | 1020 | Lederfarbig | I |
| 1006 | 0,05 | 72,42 | 15,34 | 5,04 | 0,94 | 2,30 | 0,89 | 3,08 | 1050 | Ziegelrot | II |
| 150 | 0,06 | 68,94 | 16,72 | 5,33 | 0,00 | 3,91 | 1,87 | 3,23 | 1010 | Hausrot | III |
| 45 | 0,06 | 73,77 | 15,46 | 4,86 | 0,70 | 2,34 | 0,29 | 2,59 | 1030 | Ziegelrot | II |
| 184 | 0,06 | 75,71 | 16,99 | 3,78 | 0,61 | 0,24 | 0,31 | 2,34 | 1010 | Hausrot | III |
| 198 | 0,06 | 62,96 | 26,37 | 6,72 | 0,54 | 2,04 | 0,43 | 0,93 | 1030 | „ | II |
| Mittel | 0,05 | 70,49 | 16,62 | 5,46 | 1,80 | 2,54 | 1,09 | 1,97 | 1040 | | |

Stark kalkhaltige Tone mit geringem

Gehalt an löslichen Salzen.

Tabelle XXII.

| No des Tones | Si O ₂ | Al ₂ O ₃ | Ca O | Gehalt an löslichen Salzen in ‰ | Brand- temperatur °C | Ca SO ₄ |
|--------------------|-------------------|--------------------------------|-------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------|
| 89 | 53,41 | 15,21 | 20,40 | 0,13 | 1030 | 0,57 |
| 69 | 49,75 | 13,73 | 25,55 | 0,19 | 1060 | 1,11 |
| 142 | 55,36 | 11,61 | 23,02 | 0,13 | 1030 | 1,16 |
| 286 | 52,45 | 13,44 | 24,54 | 0,16 | 1070 | 0,70 |
| 504 | 53,30 | 9,34 | 23,47 | 0,08 | 1030 | 1,63 |
| 531 | 50,50 | 11,34 | 21,17 | 0,20 | 1050 | 2,34 |
| 463 | 55,57 | 13,37 | 18,72 | 0,05 | 1050 | 1,76 |
| 402 | 55,63 | 11,88 | 22,20 | 0,13 | 1040 | — |
| 407 | 49,16 | 13,68 | 25,87 | 0,18 | 1050 | 0,97 |
| 425 | 48,05 | 18,85 | 21,66 | 0,19 | 1060 | 1,18 |
| 429 | 57,81 | 11,68 | 21,69 | 0,16 | 1040 | 1,87 |
| 433 | 47,80 | 16,76 | 22,07 | 0,14 | 1060 | 1,26 |
| 435 | 48,46 | 16,08 | 21,54 | 0,15 | 1050 | 2,01 |
| 436 | 49,38 | 14,59 | 21,79 | 0,16 | 1050 | 2,22 |
| 450 | 51,35 | 10,66 | 23,23 | 0,18 | 1070 | 3,02 |
| 454 | 51,19 | 12,69 | 21,08 | 0,11 | 1040 | 2,71 |
| 27 | 46,51 | 18,45 | 23,42 | 0,19 | 1070 | 0,59 |
| 14 | 48,86 | 19,85 | 22,59 | 0,13 | 1060 | 1,48 |
| 30 | 54,72 | 9,64 | 26,30 | 0,15 | 1040 | 0,56 |
| 38 | 60,02 | 13,57 | 17,87 | 0,09 | 1070 | 0,69 |
| 57 | 51,35 | 16,12 | 22,76 | 0,19 | 1070 | 1,18 |
| 491 | 51,86 | 12,19 | 23,29 | 0,14 | 1070 | 2,20 |
| 294 | 64,32 | 19,72 | 25,21 | 0,17 | 1050 | 1,55 |
| 201 | 51,17 | 12,10 | 24,43 | 0,15 | 1050 | 0,25 |
| 162 | 49,16 | 13,98 | 23,23 | 0,14 | 1070 | 1,59 |
| Mittel | 52,29 | 13,62 | 22,7 | 0,15 | 1055 | 1,38 |

Tabellarische Zusammenstellung

der

Resultate der technologischen Untersuchung.



Serie A. (Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.)

Kanton

Table with columns: Kontroll-Nr., Name der Firma oder des Besitzers, Mechanische Analyse (Tonsubstanz, Magernde Bestandteile), Rationelle Analyse (Quarz + Feldspat, CaCO3, MgCO3, Ton-Substanz), Chemische Gesamtanalyse (auf gebrannten Zustand berechnet) (SiO2, Al2O3, Fe2O3, CaSO4, CaO, MgO, Alkalien), Name des Chemikers, Wassergehalt b. Verarbeiten (%). Rows 180-215.

(Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.) Serie A.

Aargau.

Table with columns: Schwindung (Trocken, Brand, Total), Brandtemperatur °C, Brandfarbe, CaO, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht des gebrannten Materials, Raumgewicht, Wassersaugkraft nach 28 Tagen in %, Porosität (absolute, scheinbare), Gehalt an löslichen Salzen %, Zugfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Druckfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Erweichungs-koeffizient. Rows 180-215.

Serie A. (Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.)

Kanton

Table with 17 columns: Kontroll-Nr., Name der Firma oder des Besitzers, Mechanische Analyse (Ton-substanz, Magernde Bestandteile), Rationelle Analyse (Quarz + Feldspat, CaCO3, MgCO3, Ton-substanz), Chemische Gesamtanalyse (auf gebrannten Zustand berechnet) (SiO2, Al2O3, Fe2O3, CaSO4, CaO, MgO, Alkalien), Name des Chemikers, Wassergehalt u. Verarbeitbarkeit. Rows include firms like F. Kenel & Cie., Koenig & Cie., Glockenthal bei Thun, Studer & Cie., Marcuard, etc.

(Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.) Serie A.

Bern.

Table with 23 columns: Schwindung (Trocken, Brand, Total), Brandtemperatur °C, Brandfarbe, CaO/Fe2O3, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht des gebrannten Materials, Raumgewicht, Wasser-saugkraft nach 28 Tagen, Porosität (absolute, scheinbare), Gehalt an löslichen Salzen %, Zugfestigkeit (trockener, nasser Zustand), Druckfestigkeit (trockener, nasser Zustand), Erweichungs-coefficient. Rows include various brick types like Orange, Fleischfarbig, Hausrot, Holzfarbe, etc.

Serie A. (Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.)

Kanton

Table with columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Mechanische Analyse, Rationelle Analyse, Chemische Gesamtanalyse (auf gebrannten Zustand berechnet), Name des Chemikers, Wassergehalt h. Verarbeiten. Rows include firms like Eggimann & Bergundthal, v. Gunten & Sohn, J. J. Hutali, Schaller, Eberhard & Arn., etc.

(Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.) Serie A.

Bern.

Table with columns: Schwindung (Trocken, Brand, Total), Brandtemperatur °C, Brandfarbe, Ca O, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht des gebrannten Materials, Raumgewicht, Wassersaugkraft nach 28 Tagen, Porosität (absolute, scheinbare), Gehalt an löslichen Salzen %, Zugfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Druckfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Erweichungscoefficient. Rows include various brick types like Hausrot, Braunrot, Fleischfarbig, etc.

Serie A. (Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.)

Kanton

Table with columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Mechanische Analyse (Tonsubstanz, Magernde Bestandteile), Rationelle Analyse (Quarz + Feldspat, CaCO3, MgCO3, Tonsubstanz), Chemische Gesamtanalyse (auf gebrannten Zustand berechnet) (SiO2, Al2O3, Fe2O3, CaSO4, CaO, MgO, Alkalien), Name des Chemikers, Wassergehalt h. Verarbeiten %. Rows 114-148.

Kanton

Table with columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Mechanische Analyse, Rationelle Analyse, Chemische Gesamtanalyse, Name des Chemikers, Wassergehalt h. Verarbeiten %. Rows 224-250.

(Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.) Serie A.

Neuenburg.

Table with columns: Schwindung (Trocken, Brand, Total), Brandtemperatur °C, Brandfarbe, Ca O / Fe2 O3, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht des gebrannten Materials, Raum-Gewicht, Wasser-saugkraft nach 28 Tagen, Porosität (absolute, scheinbare), Gehalt an löslichen Salzen %, Zugfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Druckfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Erweichungs-coefficient. Rows include various brick types like Fleischfarbig, Graurot, Lederfarbig, Holzfarbe, Ziegelrot, etc.

Schaffhausen.

Table with columns: Schwindung, Brandtemperatur, Brandfarbe, Ca O / Fe2 O3, Erweichungspunkt, Spezif. Gewicht, Raum-Gewicht, Wasser-saugkraft, Porosität, Gehalt an löslichen Salzen, Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Erweichungs-coefficient. Rows include Hausrot, Ziegelrot, etc.

Serie A. (Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.)

Kanton

Table with columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Mechanische Analyse (Tonsubstanz, Magernde Bestandteile), Rationelle Analyse (Quarz + Feldspat, CaCO3, MgCO3, Tonsubstanz), Chemische Gesamtanalyse (auf gebrannten Zustand berechnet) (SiO2, Al2O3, Fe2O3, CaSO4, CaO, MgO, Alkalien), Name des Chemikers, Wassergehalt b. Verarbeiten %.

Kanton

Table with columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Mechanische Analyse, Rationelle Analyse, Chemische Gesamtanalyse, Name des Chemikers, Wassergehalt b. Verarbeiten %.

Kanton

Table with columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Mechanische Analyse, Rationelle Analyse, Chemische Gesamtanalyse, Name des Chemikers, Wassergehalt b. Verarbeiten %.

(Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.) Serie A.

Schaffhausen.

Table with columns: Schwindung (Trocken, Brand, Total), Brandtemperatur °C, Brandfarbe, CaO Fe2O3, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht des gebrannten Materials, Raumgewicht, Wassersaugkraft nach 28 Tagen in %, Porosität (absolute, scheinbare), Gehalt an löslichen Salzen %, Zugfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Druckfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Erweichungscoefficient.

Schwyz.

Table with columns: Schwindung, Brandtemperatur °C, Brandfarbe, CaO Fe2O3, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht des gebrannten Materials, Raumgewicht, Wassersaugkraft nach 28 Tagen in %, Porosität, Gehalt an löslichen Salzen %, Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Erweichungscoefficient.

St. Gallen.

Table with columns: Schwindung, Brandtemperatur °C, Brandfarbe, CaO Fe2O3, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht des gebrannten Materials, Raumgewicht, Wassersaugkraft nach 28 Tagen in %, Porosität, Gehalt an löslichen Salzen %, Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Erweichungscoefficient.

Serie A. (Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.)

Kanton

Table with columns: Kontroll-No., Name der Firma oder des Besitzers, Mechanische Analyse, Rationelle Analyse, Chemische Gesamtanalyse (auf gebrannten Zustand berechnet), Name des Chemikers, Wassergehalt h. Verarbeiten. Rows include firms like Ite Imthurn, Basadingen, Tonwarenfabrik Tänikon, Ul. Freymuth, etc.

(Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.) Serie A.

Thurgau.

Table with columns: Schwindung, Brandtemperatur, Brandfarbe, Ca O, Erweichungspunkt, Spezif. Gewicht, Raumgewicht, Wassersaugkraft, Porosität, Gehalt an löslichen Salzen, Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Erweichungscoefficient. Rows include various brick types and colors like Fleischfarbig, Holzfarbe, Hausrot, etc.

Serie A. (Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.)

Kanton

Table with columns: Kontroll-No., Name der Firma oder des Besitzers, Mechanische Analyse, Rationelle Analyse, Chemische Gesamtanalyse, Name des Chemikers, Wassergehalt. Rows 430-544.

(Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.) Serie A.

Thurgau.

Table with columns: Schwindung, Brandtemperatur, Brandfarbe, CaO, Erweichungspunkt, Spezif. Gewicht, Raumgewicht, Wassersaugkraft, Porosität, Gehalt an löslichen Salzen, Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Erweichungscoefficient. Rows 10,2-4,0.

Serie A. (Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.)

Kanton

Table with 15 columns: Kontroll-No, Name der Firma oder des Besizers, Mechanische Analyse, Rationelle Analyse, Chemische Gesamtanalyse (auf gebrannten Zustand berechnet), Name des Chemikers, Wassergehalt b. Verarbeiten. Rows 59-106.

(Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.) Serie A.

Waadt.

Table with 24 columns: Schwundung (Troocken, Brand, Total), Brandtemperatur °C, Brandfarbe, Ca O, Fe2 O3, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht des gebrannten Materials, Raum-Gewicht, Wasser-saugkraft nach 28 Tagen in %, Porosität (absolute, scheinbare), Gehalt an löslichen Salzen %, Zugfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Druckfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Erweichungs-coefficient. Rows 59-106.

Serie A. (Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.)

Kanton

Table with 17 columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Mechanische Analyse (Ton-substanz, Magernde Bestandteile), Rationelle Analyse (Quarz + Feldspat, CaCO3, MgCO3, Ton-substanz), Chemische Gesamtanalyse (auf gebrannten Zustand berechnet) (SiO2, Al2O3, Fe2O3, CaSO4, CaO, MgO, Alkalien), Name des Chemikers, Wassergehalt b. Verarbeiten. Rows 510-539.

(Tonlager von Mitgliedern des Schweiz. Zieglervereins.) Serie A.

Zürich.

Table with 20 columns: Schwindung (Trocken, Brand, Total), Brandtemperatur °C, Brandfarbe, CaO, Fe2O3, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht des gebrannten Materials, Raumgewicht, Wasser-saugkraft nach 28 Tagen in %, Porosität (absolute, scheinbare), Gehalt an löslichen Salzen %, Zugfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Druckfestigkeit in kg/cm² (trockener, nasser Zustand), Erweichungs-coefficient. Rows 510-539.

Serie B.

Kanton

Table with 13 columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Resultate der chem.-mech. Analyse (Quarzsand, Carbonate, Tonsubstanz), Name des Chemikers, Wassergehalt, Plastizitätsverhältnisse (Zugfestigkeit, Deformationsfähigkeit, Plastizitätscoefficient), Schwindung (Trocken, Brand, Total).

Serie B.

Aargau.

Table with 16 columns: Brandtemperatur, Brandfarbe, Erweichungspunkt, Spezif. Gewicht, Raumgewicht, Wassersaugfähigkeit, Porosität (Absolute, Scheinbare), Gehalt an löslichen Salzen, Druckfestigkeit (trockenen, nassen Zustände), Erweichungscoefficient.

Serie B.

Table with 12 columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Ergebnisse der chem.-mech. Analyse (Quarzsand, Carbonate, Tonsubstanz), Name des Chemikers, Wassergehalt, Plastizitätsverhältnisse (Zugfestigkeit, Deformationsfähigkeit, Plastizitätscoefficient), and Schwindung (Trocken, Brand, Total).

Kanton

Kanton

Continuation of the table from page 144, listing various firms and their products from Kanton Aargau, including F. Suter sen., Weibel jun., and Fritz Lauper & Cie.

Serie B.

Basel.

Table with 16 columns: Brandtemperatur, Brandfarbe, Erweichungspunkt, Spezif. Gewicht, Raumgewicht, Wasser-saugfähigkeit, Porosität (Absolute, Scheinbare), Gehalt an löslichen Salzen, Druckfestigkeit (trockenen, nassen Zustände), and Erweichungs-coefficient.

Bern.

Table with 16 columns: Brandtemperatur, Brandfarbe, Erweichungspunkt, Spezif. Gewicht, Raumgewicht, Wasser-saugfähigkeit, Porosität (Absolute, Scheinbare), Gehalt an löslichen Salzen, Druckfestigkeit (trockenen, nassen Zustände), and Erweichungs-coefficient.

Serie B.

Kanton

Table with columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Resultate der chem.-mech. Analyse (Quarzsand, Carbonate, Tonsubstanz), Name des Chemikers, Wassergehalt, Plastizitätsverhältnisse (Zugfestigkeit, Deformationsfähigkeit, Plastizitätskoeffizient), Schwindung (Trocken, Brand, Total).

Kanton

Table with columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Resultate der chem.-mech. Analyse, Name des Chemikers, Wassergehalt, Plastizitätsverhältnisse, Schwindung.

Kanton

Table with columns: Kontroll-№, Name der Firma oder des Besitzers, Resultate der chem.-mech. Analyse, Name des Chemikers, Wassergehalt, Plastizitätsverhältnisse, Schwindung.

Serie B.

Freiburg.

Table with columns: Brandtemperatur °C, Brandfarbe, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht, Raumgewicht, Wasser-saugfähigkeit, Porosität (Absolute, Scheinbare), Gehalt an löslichen Salzen, Druckfestigkeit (trockenen, nassen Zustände), Erweichungs-coefficient.

Genf.

Table with columns: Brandtemperatur °C, Brandfarbe, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht, Raumgewicht, Wasser-saugfähigkeit, Porosität, Gehalt an löslichen Salzen, Druckfestigkeit, Erweichungs-coefficient.

Graubünden.

Table with columns: Brandtemperatur °C, Brandfarbe, Erweichungspunkt °C, Spezif. Gewicht, Raumgewicht, Wasser-saugfähigkeit, Porosität, Gehalt an löslichen Salzen, Druckfestigkeit, Erweichungs-coefficient.

Serie B.

Kanton

| Kontroll- No | Name der Firma oder des Besitzers | Resultate der chem.-mech. Analyse | | | Name des Chemikers | Wasser- gehalt b. Verar- beiten o/o | Plastizitätsverhältnisse | | | Schwindung | | |
|-----------------|--------------------------------------|--|--|------------------|--------------------------|---|---|--|--|----------------|--------------|--------------|
| | | Quarzsand und unverwittertes Muttergestein | Carbonate von Kalk u. Magnesia; Gips und Eisen | Ton- substanz | | | Zugfestig- keit (β) in kg/cm ² | Deforma- tionsfähig- keit (λ) ^{o/o} | Plastizi- tätscoeffi- zient (βλ) | Trocken o/o | Brand o/o | Total o/o |
| 1421 | Zanger, Hafner, Embrach | 66,77 | 13,67 | 19,36 | M. Weilenmann | 21,6 | 0,58 | 29 | 17 | 8,9 | 1,2 | 10,0 |
| 1424 | Heuseler (vormals Neukomm), | 75,92 | 6,44 | 17,59 | " | 20,1 | 0,40 | 22 | 9 | 5,5 | 1,5 | 6,9 |
| 1425 | Ziegelei, Rafz | 76,01 | 8,95 | 14,96 | " | 22,1 | 0,70 | 95 | 67 | 5,8 | 6,5 | 11,9 |
| 1426 | Rud. Moser, Ziegelei, Uster | 35,89 | 49,47 | 14,51 | " | 21,5 | 0,73 | 91 | 67 | 6,5 | 0,5 | 7,0 |
| 1429 | Lienhard, Ziegelei, Flaach | 77,02 | 8,46 | 14,30 | " | 22,8 | 0,85 | 88 | 75 | 6,4 | 2,9 | 9,1 |
| 1430 | " | 81,30 | 8,21 | 10,36 | " | 19,7 | 0,14 | 14 | 2 | 4,5 | 0,9 | 5,4 |
| 1431 | " | 35,06 | 49,62 | 15,23 | " | 19,6 | 1,09 | 99 | 109 | 4,8 | +1,1 | 3,8 |
| 1436 | Rob. Meier, Ziegelei, | 40,86 | 44,76 | 14,20 | J. Mandl | 21,0 | 0,88 | 104 | 91 | 6,2 | 0,4 | 6,6 |
| 1437 | Riedikon b. Uster | 48,82 | 29,26 | 21,65 | " | 30,2 | 0,78 | 100 | 78 | 11,5 | +0,3 | 11,2 |
| 1438 | Sauter, Ziegelei, Gütikhausen | 42,69 | 37,36 | 19,63 | " | 23,7 | 0,72 | 94 | 68 | 8,7 | 0,2 | 8,9 |
| 1441 | Gebr. Bretschger, Ziegelei, Windlach | 75,53 | 10,34 | 14,00 | " | 20,1 | Wegen sandiger Beschaffenheit keine Proben | | | 6,0 | 0,4 | 6,4 |
| 1442 | Ziegelei Gassmann, | 68,88 | 20,56 | 10,43 | " | 24,5 | 0,86 | 78 | 67 | 7,4 | 0,4 | 7,8 |
| 1443 | Boppelsen a. d. Lägern | 56,09 | 28,99 | 14,80 | " | 27,5 | 1,08 | 79 | 85 | 9,6 | 3,0 | 12,3 |
| 1818 | Keller & Cie., mech. Ziegelei, | 27,27 | 58,48 | 13,92 | " | 20,9 | 1,42 | 9 | 131 | 7,1 | 2,4 | 9,4 |
| 1819 | Schloss Teufen | 57,03 | 26,71 | 15,93 | " | 21,9 | 0,94 | 58 | 55 | 7,5 | 4,0 | 7,9 |
| 1820 | " | 61,86 | 22,99 | 15,04 | " | 21,4 | 0,52 | 23 | 12 | 8,5 | 0,2 | 8,7 |

Serie B.

Zürich.

| Brand- tempera- tur °C | Brandfarbe | Erwei- chungs- punkt °C | Spezif. Gewicht des gebrannten Materials | Raum- Gewicht | Wasser- saug- fähigkeit nach 28 Tagen in o/o | Porosität | | Gehalt an löslichen Salzen o/o | Druckfestigkeit kg/cm ² im trockenen nassen Zustande | | Erwei- chungs- coeffizient | |
|------------------------------|---------------|----------------------------------|---|------------------|---|----------------------------------|-----------------|--|--|--------|----------------------------------|------|
| | | | | | | Absolute | Schein- bare | | trockenen | nassen | | |
| 1050 | Fleischfarbig | I | 1180 | 2,71 | 1,80 | 9,1 | 34 | 16 | 0,15 | 844 | 772 | 0,91 |
| 1040 | Hausrot | III | 1240 | 2,66 | 1,88 | 13,9 | 29 | 26 | 0,06 | 540 | 491 | 0,91 |
| 1040 | " | III | 1300 | 2,66 | 2,02 | 9,6 | 24 | 19 | 0,05 | 1199 | 1264 | 1,05 |
| 1050 | Stumpfocker | III | 1210 | 2,90 | 1,50 | 27,6 | 48 | 42 | 0,19 | 600 | 555 | 0,93 |
| 1050 | Hausrot | III | 1290 | 2,70 | 1,83 | 14,5 | 29 | 27 | 0,04 | 576 | 596 | 1,04 |
| 1050 | " | III | 1290 | 2,66 | 1,80 | 15,3 | 32 | 28 | 0,04 | 240 | 246 | 1,03 |
| 1050 | Stumpfocker | III | 1310 | 3,00 | 1,41 | 36,1 | 53 | 51 | 0,18 | 253 | 234 | 0,92 |
| 1050 | " | III | 1150 | 2,87 | 1,54 | 28,9 | 46 | 44 | 0,16 | 537 | 499 | 0,85 |
| 920 | Fleischfarbig | I | 1190 | 2,59 | 1,78 | Material beim Brennen zerfallen. | | | | | | |
| 1050 | " | II | 1180 | 2,84 | 1,64 | 22,4 | 42 | 36 | 0,17 | 717 | 663 | 0,92 |
| 1050 | Ziegelrot | II | 1330 | 2,69 | 1,73 | 16,0 | 36 | 28 | 0,02 | 219 | 189 | 0,87 |
| 1000 | Hausrot | III | 1170 | 2,69 | 1,80 | 15,5 | 33 | 28 | 0,07 | 387 | 396 | 1,02 |
| 970 | " | III | 1260 | 2,65 | 2,15 | 6,2 | 15 | 15 | 0,10 | 1012 | 781 | 0,77 |
| 990 | Holzfarbe | II | 1250 | 2,95 | 1,64 | 25,0 | 44 | 41 | 0,23 | 577 | 542 | 0,94 |
| 990 | Hausrot | III | 1290 | 2,72 | 1,82 | 14,2 | 23 | 26 | 0,18 | 618 | 550 | 0,89 |
| 990 | " | III | 1320 | 2,70 | 1,83 | 14,4 | 32 | 26 | 0,09 | 455 | 426 | 0,94 |

Geologisch-technologische Schlussfolgerungen.

Es schien nach Abschluss des geologischen und technologischen Teiles der Untersuchung naheliegend, auch die Frage zu prüfen, ob zwischen der Entstehungsart, beziehungsweise den verschiedenen Fundstätten der Tone und ihren typischen technologischen Eigenschaften ein gewisser Zusammenhang bestehe. Um in bezug auf diese Verhältnisse zu einiger Übersicht zu gelangen, war es notwendig, die Tone nach ihren Entstehungsarten zu gruppieren, in jede Gruppe eine grössere Anzahl der für die betreffende Entstehungsart charakteristischen Tone einzureihen und sie sodann in ihren Eigenschaften an Hand der wichtigsten Ergebnisse der technologischen Untersuchung mit einander zu vergleichen. Diese Zusammenstellung von in ihrer Provenienz sicher erkennbaren Tonen ist auf Tabelle XXIII gemacht und zwar nach zwei Versuchsreihen (A und B). (Vergl. hierüber pag. 29.) In der ersten Reihe sind Tone des schweiz. Zieglervereins aufgeführt, während in der zweiten die durch die geotechnische Kommission untersuchten Lehme berücksichtigt sind. Dabei sind diejenigen Tone nicht mehr erwähnt, die auf Seite 59 unter III und IV als „schwer schmelzbar“ und „feuerfest“ bezeichnet worden sind, da ihr Vorkommen in der Natur nur meist ein sehr beschränktes, taschenartiges ist und weil ihre Eigenart auf Seite 60 ff. genügend hervorgehoben wurde. Für jede Gruppe wurden überdies die minimalen und maximalen Werte, beziehungsweise die Mittelwerte der technologischen Bestimmungen, und zwar für jede der genannten Reihen gesondert, ausgezogen.

Eine eingehende vergleichende Prüfung der einzelnen Daten dieser Tabelle ergibt das auf den ersten Blick etwas befremdliche Resultat, dass im grossen ganzen von deutlich ausgeprägten Beziehungen zwischen Entstehungsart und technologischen Eigenschaften der Tone nicht gesprochen werden kann. Einzig bei Löss- und Hochterrassenlehm einerseits und den Materialien der Grund- und Schlamm-Moränen andererseits scheinen gewisse charakteristische Eigenschaften aufzutreten: In beiden Versuchsreihen zeigen nämlich die ersteren (Löss- und Hochterrasse) die höchsten, die letztern (Moräne) die niedrigsten oder wenigstens von den niedrigsten Schmelzpunkten.

Diese Erscheinung muss natürlich mit dem Gehalt an Flussmitteln im Zusammenhang stehen, und in der Tat sieht man, dass die Lösslehme im Mittel bloss einen Gehalt von 2,21 % Ca O, die Moränenlehme dagegen einen solchen von 17,38 % Ca O besitzen. Ebenso zeigen die ersteren den kleinsten, die letztern den grössten Gehalt an Alkalien, nämlich 4,91 % beziehungsweise 5,70 %.

Dem geringen Kalkgehalt entsprechend geben die Löss- und Hochterrassenlehme fast ausschliesslich Produkte mit dunklen und mittleren Brandfarben und zwar 80 % dunkle, 20 % mittlere und 0 % helle in der ersten, 66 % dunkle, 22 % mittlere und 12 % helle in der zweiten Versuchsreihe.

Umgekehrt weisen die Tone der Grund- und Schlamm-Moränen vorwiegend helle Brandfarben auf, und zwar am meisten von allen fünf Tongruppen, nämlich 70 % in der ersten, 47 % in der zweiten Reihe.

Bei den andern drei Gruppen (anstehende Molassemergel, Gehängelehm, Seetone und Talbodenlehme) lässt das technische Verhalten keine besonders hervorstechenden Unterschiede erkennen.

Die deutlicher hervortretende Differenzierung zwischen den Brennprodukten aus Löss- und Hochterrassenlehm einerseits und denjenigen aus Moränentonen andererseits findet ihre Erklärung in der verschiedenen Entstehungsweise dieser Lehme. Erst durch den Auslaugungsprozess und die oberflächliche Verwitterung gehen Löss und Hochterrasse in Lehm über. Dabei werden die leicht löslichen Alkalien und das Ca CO_3 vom Wasser weggeführt, womit sich zugleich eine Anreicherung des Quarzsandes und der eisenhaltigen Verwitterungsrückstände verbindet, welche letztere beide ihrerseits wieder die Hauptursache der höhern Schmelzpunkte und der überwiegend dunkeln Brandfarben dieser Tone sind. Die Moränentone dagegen füllen vorwiegend Mulden oder die tiefstgelegenen Talgründe aus. Statt des Fortschwemmens tritt durch die Rieselwässer hier eher ein fortwährendes Anhäufen der löslichen Alkalien und des kohlensauren Kalkes ein, woraus sowohl die helleren Brandfarben als auch die niedrigeren Schmelzpunkte erklärlich werden, da sowohl Alkalien als Kalk die Rolle von Flussmitteln spielen.

Vielleicht noch massgebender als die Entstehung eines Tonlagers ist für seine Beschaffenheit und seinen technologischen Wert der Umstand, ob es auf undurchlässiger oder auf durchlässiger Unterlage ruhe. Im ersteren Falle ist die Durchsickerung mit Wasser gering, im letzteren aber werden Alkalien und Kalk viel leichter weggeführt. Dieser Unterschied kann bei den Tonlagern verschiedener Entstehungsart sich geltend machen. So fanden wir feuerfeste kalkfreie Tone in den Karrenlöchern der klüftigen Kalksteine (Bolus im Jura), sowie unter den Gehängelehmen und Lösslehmen, die auf diluvialen Kiesterrassen liegen.

Dass die Tone der verschiedenen Entstehungsarten so wenig markante Unterschiede sowohl in chemischer als auch in physikalischer Beziehung zeigen, liegt wohl zum grössten Teil in der Gleichartigkeit des Ursprungsmaterials. Tone rein kristallinen Ursprungs liegen in unsern Proben keine vor; solche bilden bei unsern technisch verwerteten Tonlagern einen wohl kaum in Betracht fallenden Bruchteil. Das ausgebeutete Material ist in weit grösserer Masse vielmehr ein Gemisch der Verwitterungsprodukte von Sedimentgesteinen; wo anstehender Fels abgebaut wird, ist es dieses Gestein selbst. Der Verwitterungsrückstand des Kalkgesteins z. B. ist nun aber hauptsächlich eisenhaltiger Ton, gleichgültig ob der Kalkstein triadisch oder tertiär sei; auch ein Keupermergel wird im wesentlichen die gleichen Eigenschaften besitzen wie ein tertiärer oder ein diluvialer Mergel; denn auch er ist durch Ablagerung älterer, gleicher Auslaugungsrückstände gebildet. Ebenso wenig kann es für die chemischen und technischen Eigenschaften des daraus gebrannten Materials von Belang sein, ob ein solches Verwitterungsprodukt am Grunde eines Gletschers, oder an einer Berglehne, oder durch Flusswasser in einer Talebene zur Ablagerung gelangt ist.

Aus dem Vorstehenden dürfte daher erklärlich werden, warum anstehende Tertiärmergel, Gehängelehme, Talbodenlehme und Seetone in ihren Eigenschaften sich so wenig scharf von einander unterscheiden.

Übersicht der Beziehungen zwischen der Entstehungsweise

Versuchs-

| Gruppierung und Benennung der Tone | Anzahl der Tonproben | Chemische Gesamtanalyse auf gebrannten Zustand berechnet (%) | | | | | | | Schlamm-analyse | |
|--|----------------------|--|---|--------------------------------|---------------------|---|----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ca SO ₄ | Ca O | Mg O | Alkalien | Ton-substanz | Sand |
| Gehängelehm | 54 | 46,79 bis 78,42 | 6,23 bis 21,85 Mittel: 16,32 | 3,83 bis 7,63 | 0,00 bis 2,34 | 0,10 bis 25,48 Mittel: 9,46 | 1,19 bis 7,74 | 0,05 bis 5,43 | 40,74 bis 97,53 | 2,47 bis 59,26 |
| Anstehendes Gestein der untern u. obern Süßwassermolasse | 65 | 43,73 bis 76,36 | 10,46 bis 22,39 Mittel: 16,58 | 3,67 bis 9,33 | 0,00 bis 5,88 | 0,07 bis 25,55 Mittel: 11,05 | 1,06 bis 13,46 | 0,13 bis 5,28 | 16,60 bis 99,70 | 0,30 bis 83,40 |
| Löss- und Hochterrassen-Lehm | 10 | 57,82 bis 79,64 | 12,38 bis 18,64 Mittel: 15,19 | 3,01 bis 7,93 | 0,30 bis 1,23 | 0,32 bis 14,55 Mittel: 2,21 | 0,24 bis 3,76 | 0,35 bis 4,91 | 33,31 bis 85,14 | 14,86 bis 46,69 |
| Flussablagerung u. z. Teil gemischt mit Gehängelehm u. verschwemmter Moräne (Seeton, Talbodenlehm) | 54 | 44,80 bis 78,42 | 10,39 bis 26,71 Mittel: 17,28 | 3,09 bis 8,93 | 0,30 bis 3,35 | 0,03 bis 26,77 Mittel: 8,73 | 0,89 bis 10,01 | 0,00 bis 5,55 | 49,30 bis 99,32 | 0,68 bis 50,70 |
| Grund- u. Schlamm-Moräne, verschwemmte Moräne (Moränenlehm) | 81 | 42,91 bis 80,72 | 8,35 bis 19,72 Mittel: 14,14 | 2,88 bis 7,64 | 0,20 bis 3,08 | 0,23 bis 33,25 Mittel: 17,38 | 0,51 bis 8,26 | 0,00 bis 5,70 | 33,90 bis 95,52 | 1,48 bis 66,10 |

Versuchs-

| Gruppierung und Benennung der Tone | Anzahl der Tonproben | Resultate der chemisch-mech. Analyse | | | Plastizitätscoefficient |
|--|----------------------|--|---|----------------------------|-------------------------|
| | | Quarzsand und unverwittertes Muttergestein | Carbonate von Kalk und Magnesia; Gips und Eisen | Tonsubstanz | |
| Gehängelehm | 36 | 23,42–77,02 | Mittel: 3,86-51,34; 23,55 | Mittel: 8,27-42,30; 20,75 | 2-182 |
| Anstehendes Gestein der untern u. obern Süßwassermolasse | 12 | 27,27–70,90 | Mittel: 9,44-58,48; 29,58 | Mittel: 12,93–33,35; 21,90 | 6-131 |
| Löss- und Hochterrassen-Lehm | 18 | 39,60–82,30 | Mittel: 4,47-35,07; 16,95 | Mittel: 10,62–32,80; 19,65 | 3-117 |
| Flussablagerung u. z. Teil gemischt mit Gehängelehm u. verschwemmter Moräne (Seeton, Talbodenlehm) | 58 | 25,89–84,75 | Mittel: 3,98-46,83; 22,00 | Mittel: 6,59-58,27; 24,66 | 2-163 |
| Grund- u. Schlamm-Moräne, verschwemmte Moräne (Moränenlehm) | 119 | 23,46–90,29 | Mittel: 1,89-59,91; 26,32 | Mittel: 6,35-61,33; 21,90 | 1-177 |

Tabelle XXIII.

und den technologischen Eigenschaften der Tone.

reihe A.

| Wassergehalt beim Verarbeiten in % | Trocken- schwindung in % | Schmelzpunkt | Brandfarben | | | Wasser- saugkraft des ge- brannten Materials in % | Druck- festigkeit in kg/cm ² | |
|---|--------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|--|---|--------------------|
| | | | dunkel No. 1—16 | mittelfarbig No. 17—30 | hell No. 31—40 | | | |
| | | | der Farbenskala | | | | | |
| 18,5 bis 33,2 | 4,0 bis 11,7 | 1150 bis 1350 | Mittel: 1206 | % 37 | % 26 | % 37 | 1,3 bis 32,4 | 190 bis 1209 |
| 17,0 bis 26,6 | 3,1 bis 9,5 | 1150 bis 1260 | 1170 | 32 | 37 | 31 | 0,7 bis 39,8 | 143 bis 3087 |
| 20,5 bis 27,7 | 5,9 bis 10,6 | 1160 bis 1500 | 1328 | 80 | 20 | — | 6,1 bis 21,0 | 210 bis 1682 |
| 17,5 bis 34,8 | 2,7 bis 11,7 | 1150 bis 1420 | 1231 | 39 | 28 | 33 | 5,6 bis 46,2 | 143 bis 2314 |
| 13,3 bis 31,4 | 2,5 bis 11,0 | 1140 bis 1320 | 1196 | 23 | 7 | 70 | 6,9 bis 40,4 | 76 bis 1632 |

reihe B.

| Wassergehalt beim Verarbeiten in % | Trocken- schwindung in % | Schmelzpunkt | Brandfarben | | | Wasser- saugkraft des ge- brannten Materials in % | Druck- festigkeit in kg/cm ² | |
|---|--------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|--|---|--------------------|
| | | | dunkel No. 1—16 | mittelfarbig No. 17—30 | hell No. 31—40 | | | |
| | | | der Farbenskala | | | | | |
| 16,5 bis 34,6 | 3,4 bis 13,2 | 1150 bis 1550 | Mittel: 1223 | % 53 | % 19 | % 28 | 6,2 bis 28,6 | 206 bis 1223 |
| 19,2 bis 28,2 | 5,0 bis 10,5 | 1150 bis 1390 | 1228 | 33 | 25 | 42 | 10,9 bis 36,5 | 406 bis 1845 |
| 18,0 bis 30,9 | 3,3 bis 10,4 | 1170 bis 1400 | 1270 | 66 | 22 | 12 | 8,9 bis 35,9 | 287 bis 1445 |
| 17,4 bis 30,9 | 2,1 bis 11,5 | 1160 bis 1410 | 1241 | 46 | 26 | 28 | 8,4 bis 35,9 | 158 bis 1445 |
| 16,1 bis 32,9 | 2,5 bis 10,0 | 1130 bis 1350 | 1215 | 40 | 13 | 47 | 5,3 bis 37,7 | 137 bis 1961 |

Druckfehler im technologischen Teil.

Seite 33, Zeile 25 von oben ist zu lesen 1202 statt 1212.

„ 33, „ 26 „ „ „ „ „ 530 „ 727.

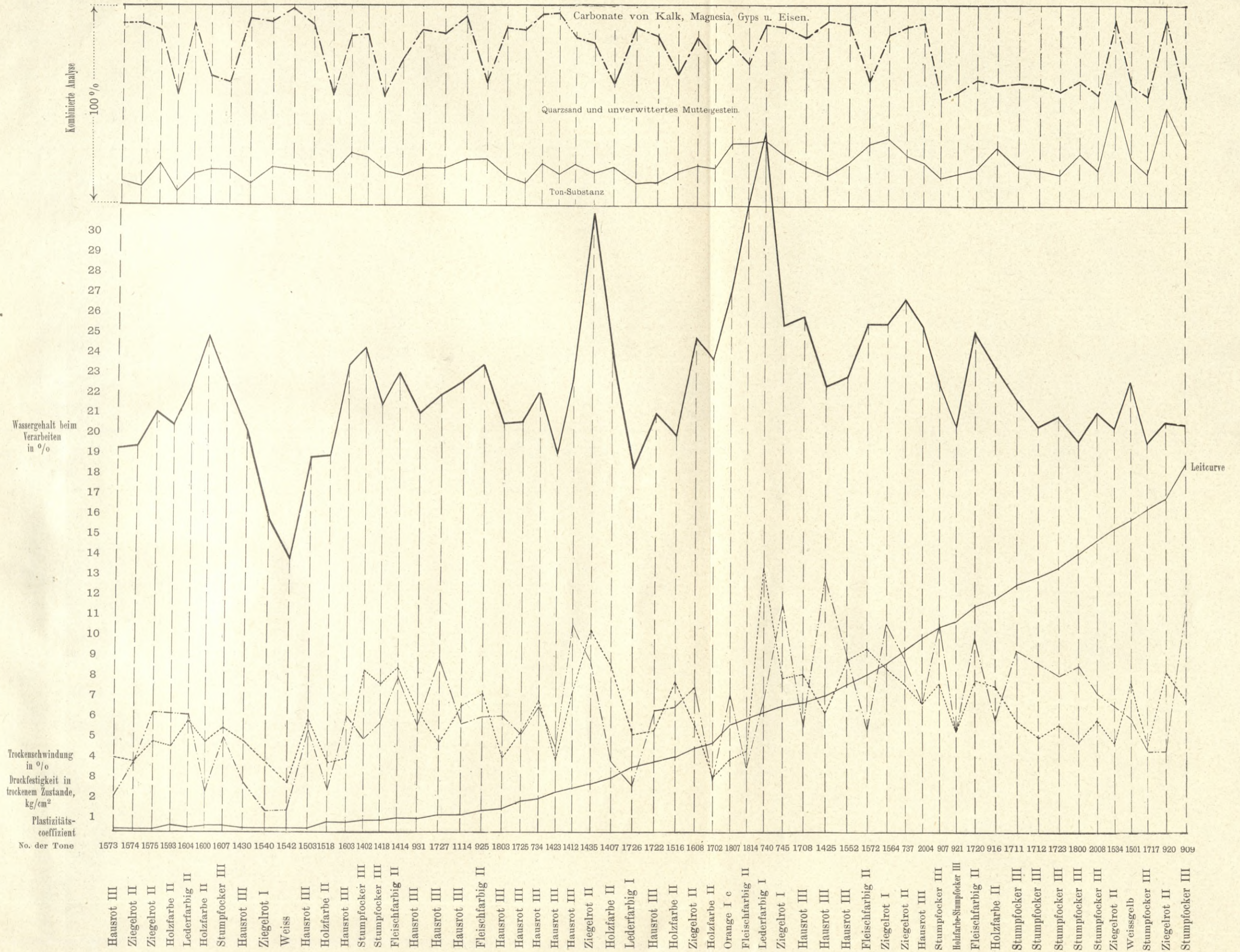
„ 40, „ 19 „ „ „ „ „ VIII „ XII.

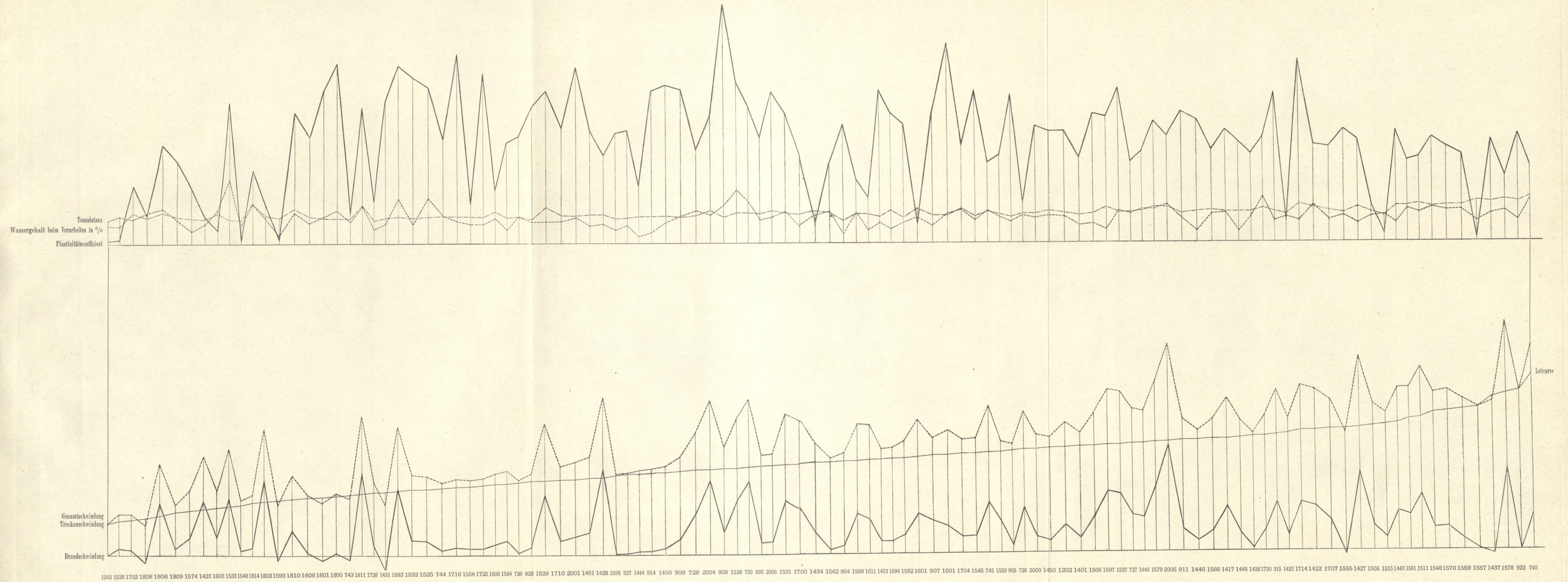
„ 42, „ 4 „ unten „ „ „ 234 „ 134.

„ 44, „ 11 „ oben „ „ „ max. 383 und Mittel 294.

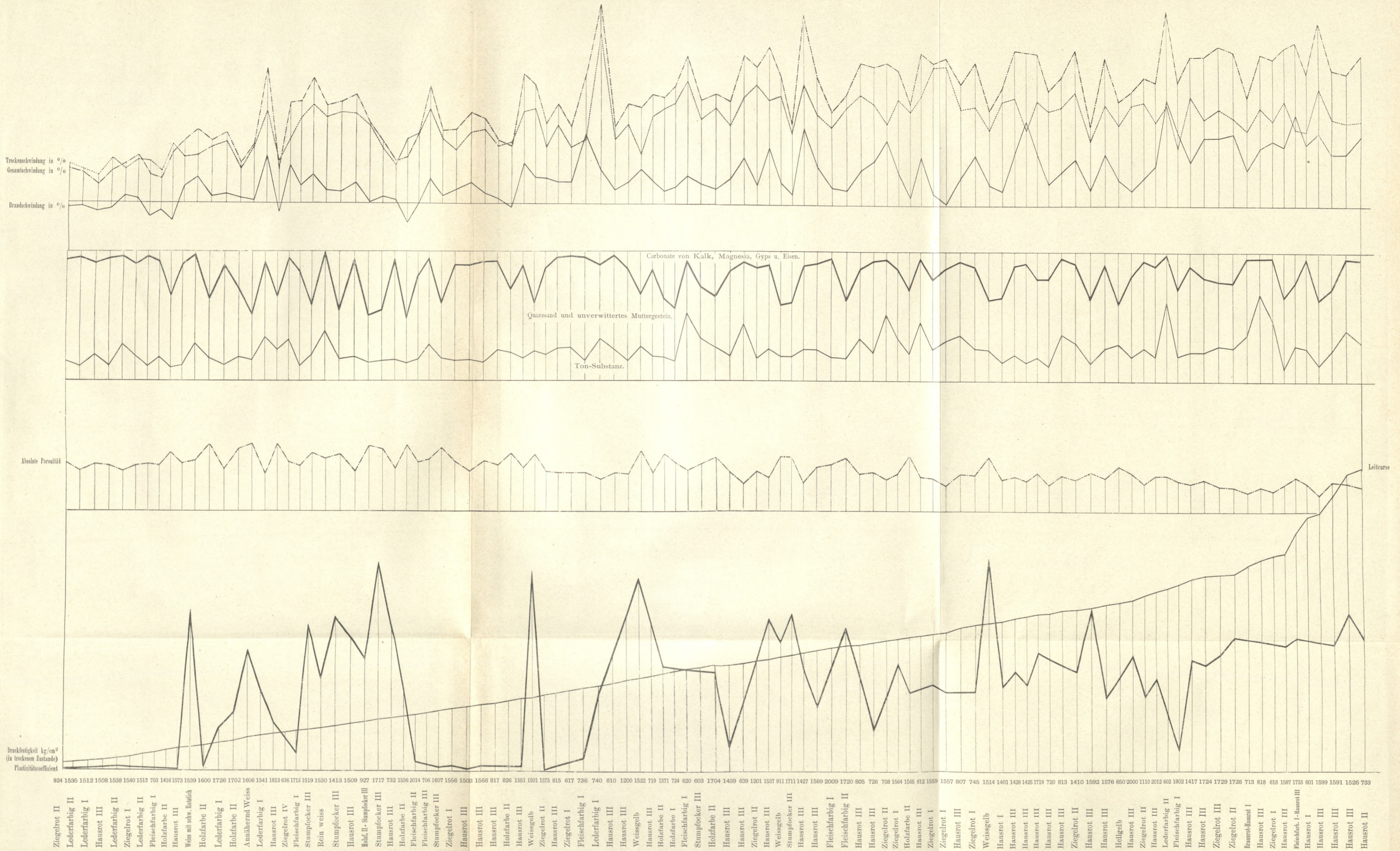
„ 61, „ 2 „ „ „ „ „ „ „Hofstetten“ statt „Basadingen“.

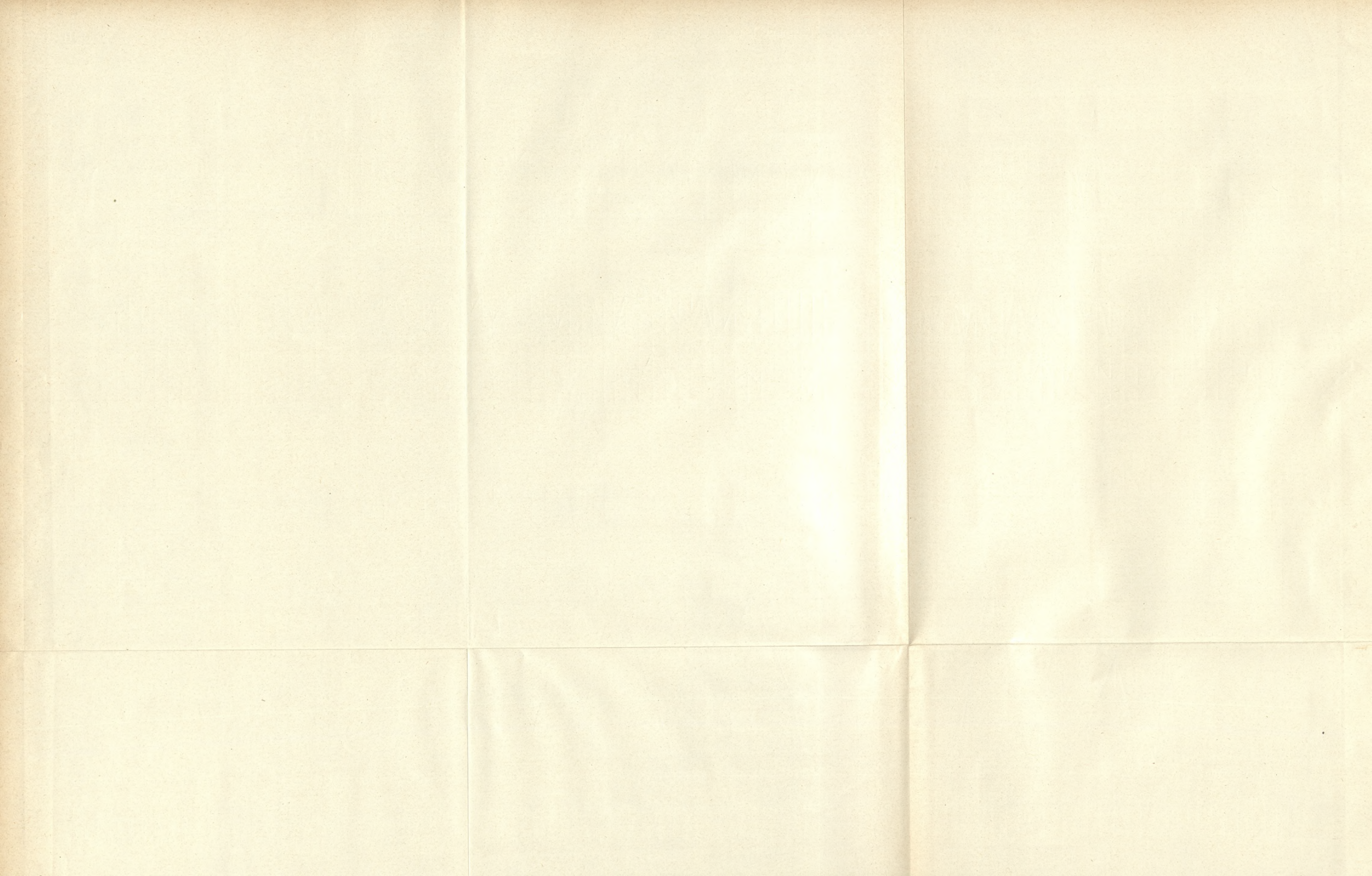
Beziehungen zwischen **Plastizität (Leitcurve)**, Druckfestigkeit, Trockenschwindung, Wassergehalt beim Verarbeiten und chemischer Zusammensetzung der Tone. Tafel I.

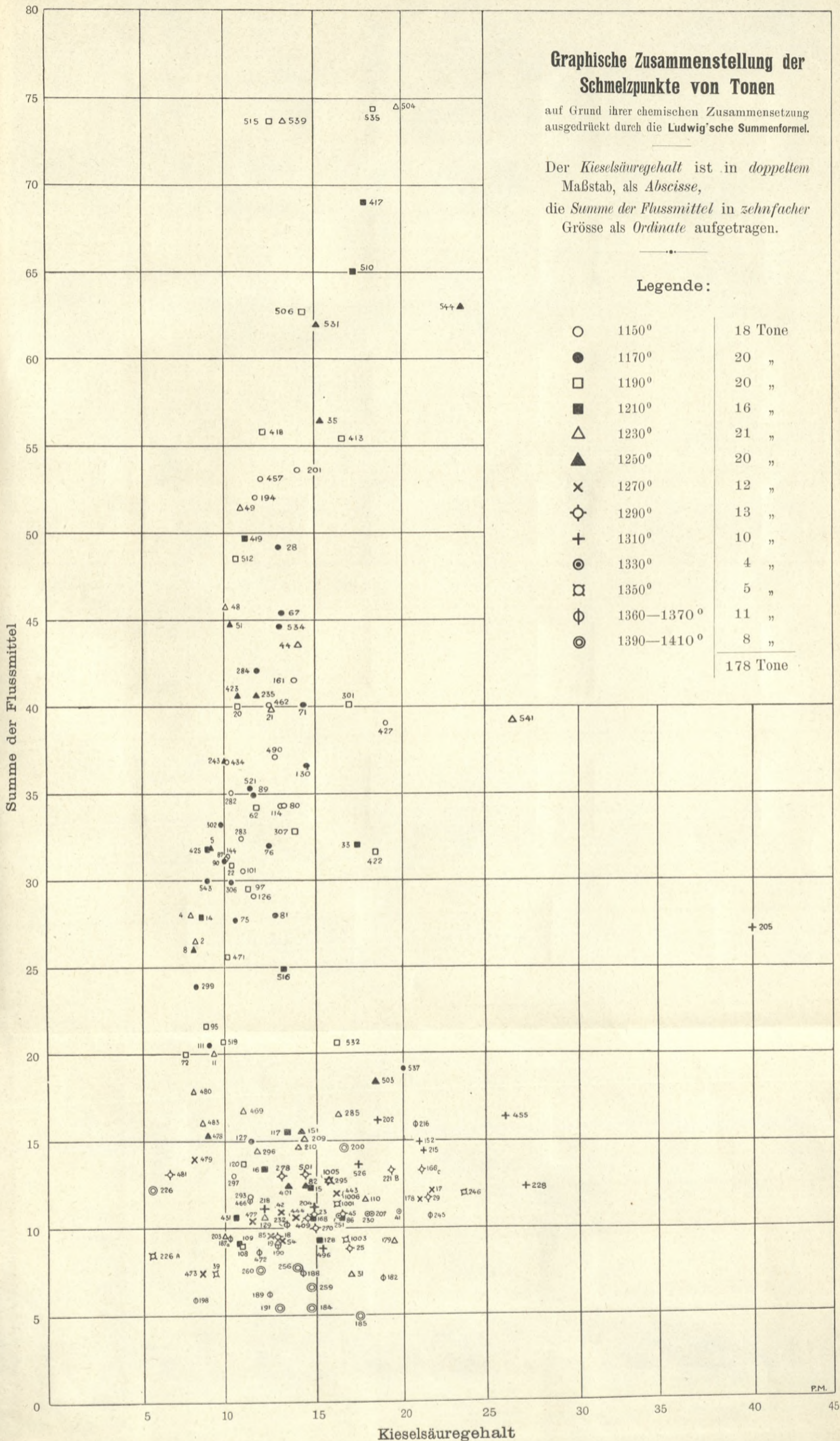




1542 1538 1702 1808 1806 1809 1574 1423 1603 1533 1549 1814 1802 1593 1810 1606 1801 1800 743 1811 1726 1431 1583 1592 1525 744 1716 1550 1723 1608 1584 729 928 1529 1710 2001 1451 1425 1595 927 1444 914 1456 908 728 2004 909 1526 733 930 2006 1591 1700 1434 1562 904 1569 1611 1413 1594 1582 1601 907 1501 1704 1545 745 1553 905 726 2000 1450 1202 1401 1506 1597 1537 727 1440 1579 2005 911 1446 1566 1417 1445 1438 1730 915 1421 1714 1422 1707 1555 1427 1505 1515 1443 1561 1511 1548 1570 1559 1557 1437 1578 922 740







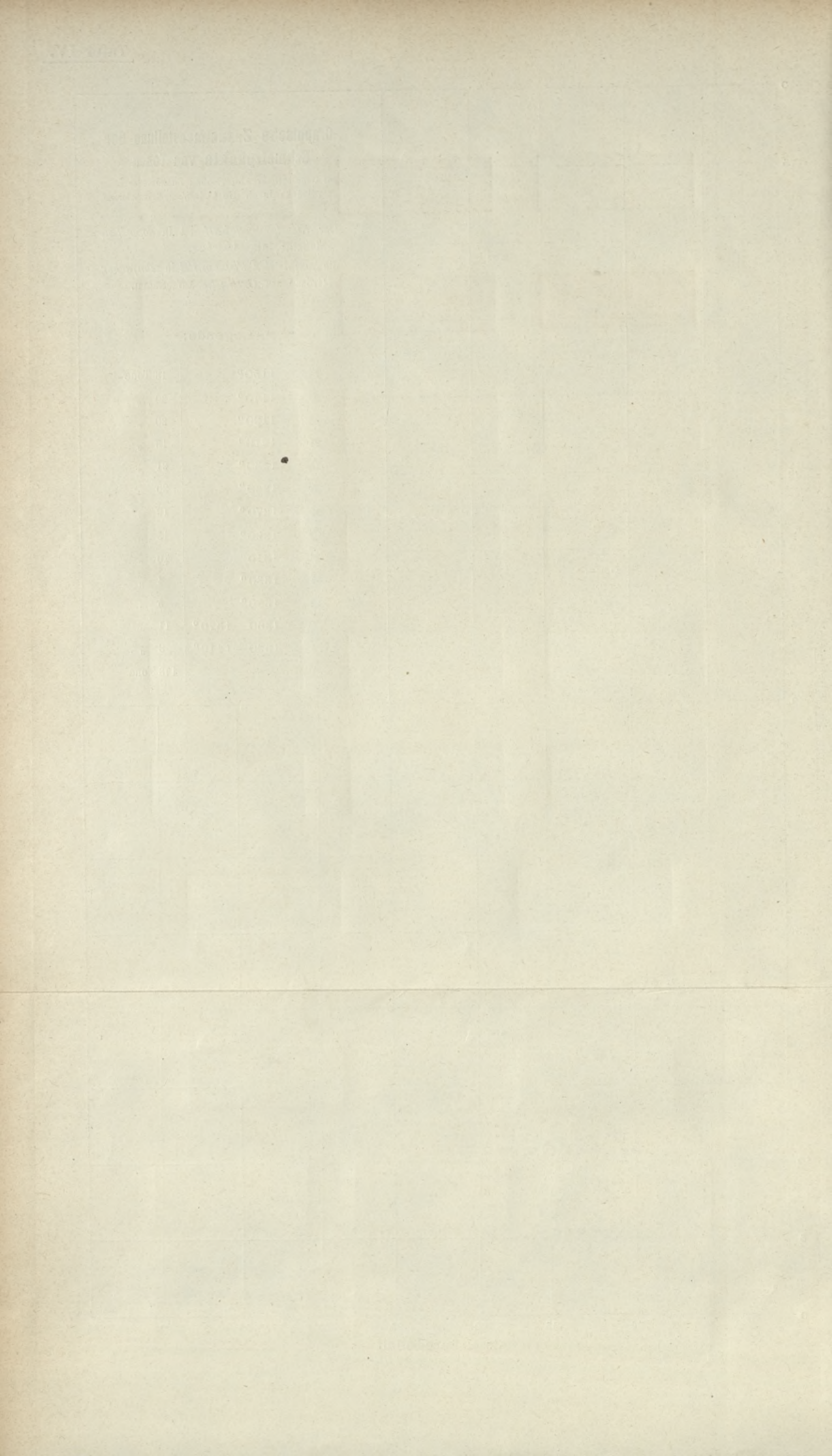
Graphische Zusammenstellung der Schmelzpunkte von Tonen

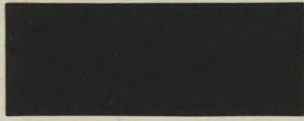
auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung ausgedrückt durch die Ludwig'sche Summenformel.

Der Kieselsäuregehalt ist in doppeltem Maßstab, als Abscisse, die Summe der Flussmittel in zehnfacher Grösse als Ordinate aufgetragen.

Legende:

| | | |
|---|------------|----------|
| ○ | 1150° | 18 Tone |
| ● | 1170° | 20 " |
| □ | 1190° | 20 " |
| ■ | 1210° | 16 " |
| △ | 1230° | 21 " |
| ▲ | 1250° | 20 " |
| × | 1270° | 12 " |
| ⊕ | 1290° | 13 " |
| + | 1310° | 10 " |
| ⊙ | 1330° | 4 " |
| ⊠ | 1350° | 5 " |
| ⊕ | 1360—1370° | 11 " |
| ⊙ | 1390—1410° | 8 " |
| | | 178 Tone |





No. 1. Schwarz



No. 2. Schwarzbraun



No. 3. Violettbraun



No. 4. Dunkelgelbbraun



No. 5. Braunrot



No. 6. Hausrot I



No. 7. Hausrot II



No. 8. Hausrot III



No. 9. Ziegelrot I, dunkel



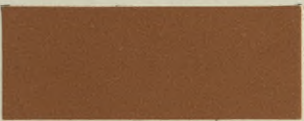
No. 10. Ziegelrot II



No. 11. Ziegelrot III, feurig



No. 12. Ziegelrot IV, leuchtend



No. 13. Rostfarbig



No. 14. Lederfarbig I, dunkel



No. 15. Lederfarbig II



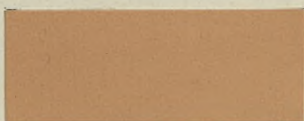
No. 16. Lederfarbig III, stumpf



No. 17. Lederfarbig IV, hell



No. 18. Fleischfarbig I



No. 19. Fleischfarbig II



No. 20. Orange Ia



No. 21. Orange Ib



No. 22. Orange Ic



No. 23. Orange II



No. 24. Orange III



No. 25. Goldocker I



No. 26. Goldocker II



No. 27. Goldocker III



No. 28. Goldocker IV



No. 29. Ocker I, dunkel



No. 30. Ocker II, normal



No. 31. Ocker III, hell



No. 32. Ocker IV, blass



No. 33. Holzfarbe I



No. 34. Holzfarbe II



No. 35. Gelb



No. 36. Weißgelb



No. 37. Stumpfocker I



No. 38. Stumpfocker II



No. 39. Stumpfocker III



No. 40. Weiß

Beilage zum technologischen Teil.

Die feuerfesten Tone

und die

Industrie feuerfester Produkte der Schweiz

von

Privatdozent **B. Zschokke,**

Adjunkt der Eidg. Materialprüfungsanstalt Zürich.

und

Dr. L. ROLLIER,

Privatdozent am Eidg. Polytechnikum und an der Universität Zürich.



Die in den Jahren 1896—1906 durchgeführte geologisch-technologische Untersuchung der schweizerischen Tone, die von der Eidg. Materialprüfungsanstalt im Verein mit dem Schweiz. Zieglerverein begonnen und von der Schweiz. geotechnischen Kommission fortgesetzt und zu Ende geführt wurde und sich auf nicht weniger als 863 Tonvarietäten erstreckt, ist eine so reiche Fundgrube nicht nur für das Studium zahlreicher, noch ungelöster wissenschaftlicher und technischer Fragen, sondern auch für Betrachtungen statistisch-volkswirtschaftlicher Natur. Es ist daher fast selbstverständlich, dass diese weitläufige Arbeit mit der blossen Zusammenstellung der einschlägigen geologischen Verhältnisse, sowie der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Tone nicht als abgeschlossen betrachtet werden kann, sondern sich daran notwendigerweise eine Reihe von Sonderuntersuchungen knüpfen müssen, damit sie den Zweck, zu dem sie unternommen wurde, voll und ganz erfüllt. Eine grössere Reihe wissenschaftlich-technischer Betrachtungen über diesen Gegenstand sind in dem geologischen und technologischen Teil des von der Schweiz. Geotechnischen Kommission herausgegebenen Gesamtwerkes niedergelegt, andere wieder von dem einen der beiden Verfasser dieses Aufsatzes in verschiedenen Zeitschriften veröffentlicht worden.*)

Ein Abschnitt aus der ganzen umfangreichen Untersuchung, der zweifellos eine eingehendere Würdigung verdient, ist der über die feuerfesten Tone; denn der Verbrauch von feuerfesten Produkten hat in unserm Lande, wenn auch lange nicht in dem Maass, wie in den meisten andern europäischen Staaten, wo er in den letzten Dezenien namentlich zufolge der in's Ungeheure gestiegenen Massenerzeugung von Eisen und Stahl einen ausserordentlichen Aufschwung nahm, immerhin eine bemerkenswerte Zunahme erfahren. Dies geht einmal aus den Fabrikationsziffern der paar einheimischen Werke feuerfester Produkte, dann aber namentlich aus dem Import fremder Waren hervor. Einheimische Fabriken für feuerfeste Waren gibt es derzeit in der Schweiz nur drei, nämlich:

1. Die den R. v. Roll'schen Eisenwerken gehörende Chamottesteinfabrik in Moutier (Kt. Bern).
2. Das Tonwerk Lausen (Meyer & Tschudy's Erben), Baselland.
3. Die „Fabrique de produits refractaires“ F. de Crousaz à Cour sous Lausanne.**)

*) „Über pyrometrische Untersuchungen der Tone“ von B. Zschokke. „Monatsblätter für schweizer. Tonindustrie“ 1904.

„Recherches sur la plasticité des argiles“ par B. Zschokke.

„Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.“ Paris, November 1902.

„Zur technischen Analyse der Tone“, von B. Zschokke. „Baumaterialienkunde“ 1902.

***) In allerneuester Zeit hat auch die Verblendsteinfabrik Lausen mit der Fabrikation feuerfester Produkte begonnen.

Über die Rohmaterialien, Fertigware und Produktion dieser drei Werke ist auf Grund der uns von den Besitzern freundlichst zur Verfügung gestellten Mitteilungen etwa kurz folgendes zu sagen:

1. Die Chamottesteinfabrik Moutier, die bis zum Jahre 1893 als gewöhnliche Ziegelei betrieben worden, sich derzeit aber mit Herstellung feuerfester Steine für Kupolöfen, Metallschmelzöfen, Backöfen etc. in verschiedenen Qualitäten, sowie mit der Fabrikation von Steinen zu den Cowperapparaten und Windleitungen der Eisenwerke *Choindex* befasst, produzierte im Jahre 1905 2008 Tonnen Ware (Steine und Mörtel).

Zur Herstellung dieser Ware wurden in runder Zahl folgende Rohmaterialien verwendet:

a) Einheimisches Material:

| | | |
|----------------------------|--------|--------------|
| Bröckelsteine | 260 | Tonnen. |
| Tone von Moutier | 1576 | „ |
| | <hr/> | |
| | Total: | 1836 Tonnen. |

b) Fremdes Material:

| | | |
|---|--------|--------------|
| Ton und Chamotte von Hettenleidelheim (Rheinpfalz) | 925 | „ |
| | <hr/> | |
| | Total: | 2761 Tonnen. |

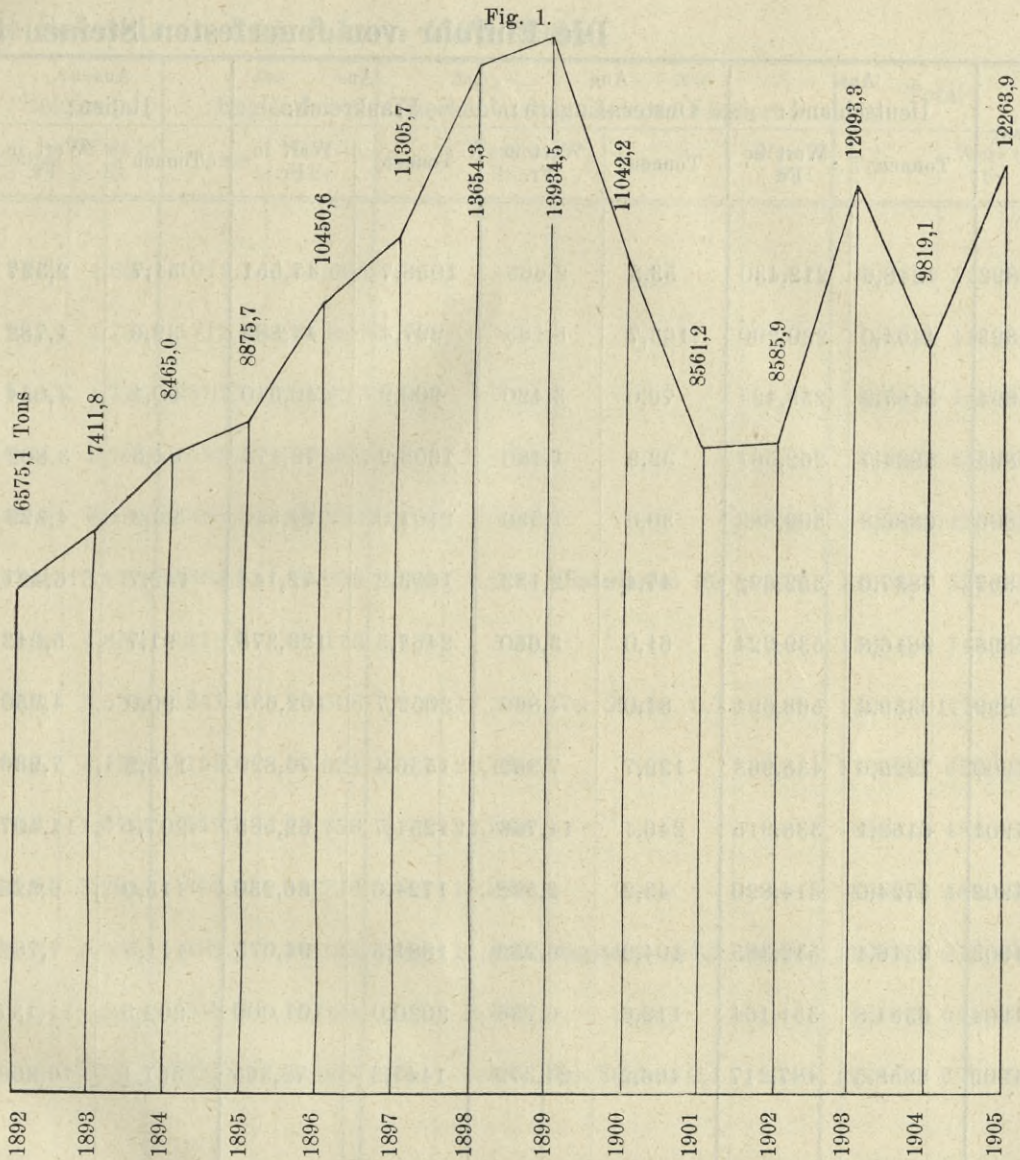
2. Das Tonwerk Lausen wurde im Jahre 1872 gegründet und befasst sich mit der Herstellung feuerfester Steine für Hafnereien, Ofenfabriken, Ziegeleien, Glashütten, Giessereien etc. Die Jahresproduktion beträgt etwa 2 Millionen Stück = 3000 bis 3500 Tonnen. Neben der *Lausener* Huppererde wird als Bindemittel Ton von *Hettenleidelheim* und *Eisenberg* in der *Pfalz* und *Werenzhausen* im *Elsass* verwendet; der Zusatz an ausländischen Materialien beträgt etwa 20%.

3. Die *Fabrique de produits refractaires* von F. de Crousaz in Cour sous Lausanne wurde im Jahre 1883 gegründet, erzeugt vornehmlich Gasretorten, Steine für Generatoren und gewöhnliche Öfen, Kupol-, Kalk- und Cementöfen und zwar werden etwa 70% sandiges einheimisches Rohmaterial verwendet, während die übrigen 30% tonigen Rohmaterials französischer Herkunft sind.

Die Jahresproduktion an Fertigwaren beträgt 1200—1500 Tonnen, die aller drei Werke zusammen etwa 7000—7500 Tonnen.

Dieser inländischen Produktion an feuerfesten Materialien stellt sich ein Import aus dem Auslande gegenüber, dessen Umfang sich aus einer uns vom schweizerischen Zolldepartement in Bern freundlichst zur Verfügung gestellten statistischen Tabelle (Seite 176 u. 177), sowie aus der graphischen Darstellung (Fig. 1) ergibt. Wenn diese Tabelle leider die feuerfesten Materialien auch nicht nach den verschiedenen Warengattungen — wie Quarz-, Dinas-, Chamotte-, Magnesit-, Dolomit-, etc.-Steine — spezifiziert, so bietet sie doch insoweit ein nicht geringes Interesse, als einmal daraus ersichtlich ist, dass in runden Zahlen der Import an feuerfesten Materialien gegenwärtig annähernd doppelt so gross ist, als die inländische Produktion und sich innert 14 Jahren ungefähr verdoppelt hat. Von 6575 Tonnen im Jahre 1892, stieg er auf 12,263 im Jahre 1905. Die Tabelle bietet im weitem auch ein Interesse hinsichtlich der Verteilung des Imports auf die verschiedenen Länder.

Betrachten wir das letzte Berichtsjahr 1905, so steht weit oben an Deutschland mit 8858,5 Tonnen, dann folgt Frankreich mit 1447,3, dicht hinter ihm England mit



1100 Tonnen, sodann mit wesentlich kleinern Beträgen Österreich-Ungarn, Italien, Belgien und Griechenland. Der Jahreskonsum zeigt im Allgemeinen eine stetig ansteigende Tendenz, nur die Jahrgänge 1901, 1902 und 1904 weisen einen auffälligen Rückschlag auf, der wohl mit der in diesen Jahren geringern industriellen Tätigkeit zusammen hängen dürfte. (Fig. 1.)

Der Verbrauch an feuerfesten Steinen sowohl eigenen wie fremden Fabrikats dürfte einmal von den keramischen Fabriken selber zum Bau ihrer Brennöfen, dann durch die Cement-, Kalk- und Gipswerke, die Gas- und Maschinenfabriken, die Eisengiessereien,

Die Einfuhr von feuerfesten Steinen in

| Jahr | Aus Deutschland: | | Aus Oester.-Ungarn: | | Aus Frankreich: | | Aus Italien: | |
|------|------------------|-------------|---------------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|
| | Tonnen | Wert in Fr. | Tonnen | Wert in Fr. | Tonnen | Wert in Fr. | Tonnen | Wert in Fr. |
| 1892 | 4248,6 | 212,430 | 53,3 | 2,665 | 1056,7 | 47,551 | 51,7 | 2,327 |
| 1893 | 4404,0 | 220,200 | 163,7 | 8,185 | 997,4 | 44,883 | 39,6 | 1,782 |
| 1894 | 5187,2 | 233,424 | 76,0 | 3,420 | 900,9 | 40,540 | 90,1 | 4,054 |
| 1895 | 5834,7 | 262,561 | 32,9 | 1,480 | 1603,9 | 72,175 | 84,5 | 3,802 |
| 1896 | 6886,3 | 309,883 | 30,0 | 1,350 | 2101,0 | 94,545 | 96,2 | 4,329 |
| 1897 | 7837,6 | 352,692 | 47,4 | 2,133 | 1603,2 | 72,144 | 142,7 | 6,421 |
| 1898 | 9816,8 | 539,924 | 61,0 | 3,660 | 2467,5 | 123,375 | 91,7 | 5,043 |
| 1899 | 10339,9 | 568,694 | 81,0 | 4,866 | 2052,7 | 102,635 | 90,0 | 4,950 |
| 1900 | 7926,6 | 435,963 | 122,7 | 7,362 | 1536,4 | 76,820 | 145,2 | 7,986 |
| 1901 | 6162,1 | 338,915 | 246,1 | 14,766 | 1251,7 | 62,585 | 207,4 | 11,407 |
| 1902 | 5724,0 | 314,820 | 43,2 | 2,592 | 1724,6 | 86,230 | 115,0 | 6,325 |
| 1903 | 9316,1 | 512,385 | 104,2 | 6,252 | 1881,5 | 94,075 | 141,5 | 7,782 |
| 1904 | 6384,8 | 351,164 | 112,6 | 6,756 | 2020,0 | 101,000 | 202,5 | 11,137 |
| 1905 | 8858,5 | 487,217 | 406,2 | 24,372 | 1447,3 | 72,365 | 361,1 | 19,860 |

die Schweiz in den Jahren 1892–1905.

| Aus Belgien: | | Aus England: | | Aus Griechenland: | | Aus anderen Ländern: | | Total: | |
|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------------|-------------|----------------------|-------------|---------|-------------|
| Tonnen | Wert in Fr. | Tonnen | Wert in Fr. | Tonnen | Wert in Fr. | Tonnen | Wert in Fr. | Tonnen | Wert in Fr. |
| 92,7 | 4,635 | 1072,1 | 53,605 | — | — | — | — | 6575,1 | 323,213 |
| 95,1 | 4,755 | 1712,0 | 131,824 | — | — | — | — | 7411,8 | 411,629 |
| 94,5 | 4,725 | 2107,3 | 158,047 | 9,0 | 720 | — | — | 8465,0 | 444,930 |
| 102,1 | 5,105 | 1182,5 | 88,687 | 35,1 | 2,808 | — | — | 8875,7 | 436,618 |
| 122,7 | 6,135 | 1187,4 | 65,307 | 27,0 | 2,160 | — | — | 10450,6 | 483,709 |
| 263,4 | 13,170 | 1363,7 | 75,003 | 37,6 | 3,008 | Niederlanden | 10,1 505 | 11305,7 | 525,076 |
| 97,0 | 4,850 | 1118,6 | 67,116 | 1,7 | 510 | — | — | 13654,3 | 744,478 |
| 71,0 | 3,550 | 1241,8 | 74,508 | 57,9 | 17,370 | Ver. Staaten | 0,1 6 | 13934,5 | 776,579 |
| 88,6 | 4,430 | 1155,4 | 69,324 | 67,3 | 20,190 | — | — | 11042,2 | 622,075 |
| 33,4 | 1,670 | 579,3 | 34,758 | 81,2 | 24,360 | — | — | 8561,2 | 488,461 |
| 65,9 | 3,295 | 862,3 | 51,738 | 50,9 | 15,270 | — | — | 8585,9 | 480,270 |
| 91,2 | 4,560 | 502,1 | 30,126 | 39,4 | 11,820 | Aegypten | 17,3 5,190 | 12093,3 | 672,190 |
| 119,5 | 5,975 | 950,4 | 57,024 | 29,3 | 8,790 | — | — | 9819,1 | 541,846 |
| 80,4 | 4,020 | 1100,0 | 66,000 | 10,0 | 3,000 | Ver. Staaten | 0,4 33 | 12263,9 | 676,866 |

dann aber auch zahlreiche andere kleinere Industrien und Gewerbe, wie Ofenfabriken, Hafnereien etc. getragen werden. Wenn nun auch die Ziffer des letzten Jahresimports im Werte von 676,866 Fr. nicht als eine übermässig hohe betrachtet werden kann, verdient sie doch unsere volle Beachtung und verlohnt es sich jedenfalls der Mühe, an Hand der von der Geotechnischen Kommission vorgenommenen Untersuchung Umschau zu halten, welche Rohmaterialien für die Fabrikation feuerfester Produkte unser Land besitzt, in welchem Umfange sie vorkommen, ob sie auch voll und ganz ausgenützt werden und welche Aussichten für die Weiterentwicklung der einheimischen Industrie feuerfester Materialien bestehen.

Wenn wir von den sogenannten „basischen“ Materialien, d. h. den aus Magnesit und Dolomit hergestellten feuerfesten Produkten absehen, die fast ausschliesslich in den eisenerzeugenden Ländern und dort namentlich zur Auskleidung der nach dem *Thomas*- und basischen *Martin*-verfahren arbeitenden Converter und Öfen verwendet werden und sich durch ausserordentlich hohe Feuerfestigkeit auszeichnen, für die aber bei uns sowohl Rohmaterialien, wie z. Teil auch der nötige Absatz fehlen, so kämen für uns nur noch einerseits die sogenannten „sauren“, andererseits die „tonigen“ Materialien in Betracht, die erstern also fast ausschliesslich aus quarziger Kieselsäure bestehend, die letztern mit der eigentlichen Tonsubstanz, der kieselsauren Tonerde als Grundmasse.

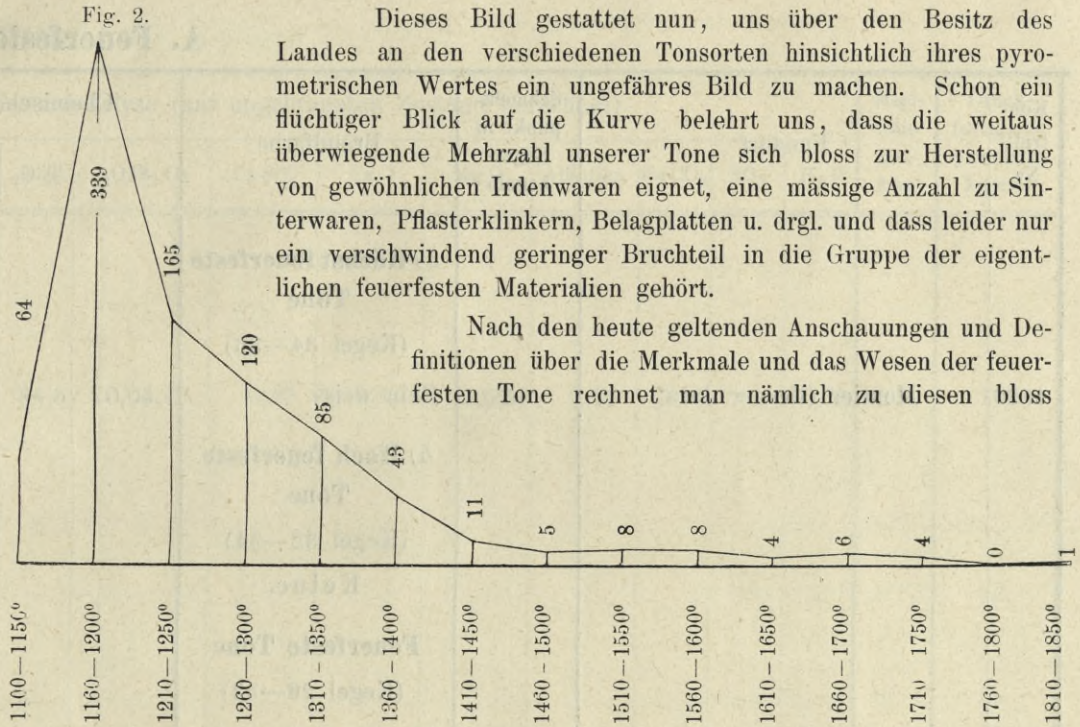
Beide Gruppen von Materialien, die sauren sowohl (z. B. Quarzit- und Dinasteine) wie die tonigen, d. h. die Chamottesteine werden nebeneinander in den verschiedensten Industrien mit Vorteil angewendet, da gute Marken beider Gruppen sehr hohe Feuerbeständigkeit besitzen. Jede Sorte hat aber auch ihre Vor- und Nachteile und es hängt ganz von den besondern Verumständen ab, ob man in einem bestimmten Fall den Dinas- oder den Chamottesteinen den Vorzug geben will. In der Schweiz werden in den obgenannten Industrien vorzugsweise Chamottesteine gebraucht.

Unsere nachfolgenden Betrachtungen können sich nur auf die tonigen Materialien erstrecken, nicht weil etwa quarzartige unserm Lande fehlen, sondern weil unsere Untersuchungen sich blos auf die Tone, nicht aber auch auf die ausgesprochenen Sande erstreckten. Zur Charakterisierung der in Frage kommenden Materialien hinsichtlich ihres pyrometrischen Wertes stehen uns einerseits die chemischen Gesamtanalysen, andererseits die Resultate der direkten Schmelzpunktbestimmungen zur Verfügung, welche letztere teils im *Seger*'schen Gasofen, teils im *Deville*'schen Gebläseofen der Materialprüfungsanstalt ausgeführt wurden.*) In den nachstehenden Tabellen sind die Schmelzpunkte einfach in *Seger*-kegeln ausgedrückt, da nach neuern Untersuchungen, die in der *Seger*'schen Skala verzeichneten entsprechenden Temperaturen in Centigraden — obwohl sie nur schätzungsweise gelten sollen — von den tatsächlichen Temperaturen, wie sie mit dem *Le Chatelier*-pyrometer kontrolliert wurden, namentlich in den höhern Lagen ganz erheblich abweichen.**)

Wenn wir unsere sämtlichen untersuchten Tone — 863 an der Zahl — nach dem Feuerfestigkeitsgrad in einzelne Gruppen, mit Abständen in den Schmelzpunkten von etwa 50 zu 50° klassifizieren, so kommen wir zu nachstehendem graphischen Übersichtsbild (Fig. 2, Seite 179):

*) Von zwei Tönen konnten wegen besonderer Beschaffenheit keine genauen Schmelzpunktbestimmungen gemacht werden.

**) Schmelzpunktbestimmungen feuerfester keramischer Produkte. Zeitschrift für angewandte Chemie 1905, II. Heft und 1906, II. Heft.



Dieses Bild gestattet nun, uns über den Besitz des Landes an den verschiedenen Tonsorten hinsichtlich ihres pyrometrischen Wertes ein ungefähres Bild zu machen. Schon ein flüchtiger Blick auf die Kurve belehrt uns, dass die weitaus überwiegende Mehrzahl unserer Tone sich bloss zur Herstellung von gewöhnlichen Irdenwaren eignet, eine mässige Anzahl zu Sinterwaren, Pflasterklinkern, Belagplatten u. dgl. und dass leider nur ein verschwindend geringer Bruchteil in die Gruppe der eigentlichen feuerfesten Materialien gehört.

Nach den heute geltenden Anschauungen und Definitionen über die Merkmale und das Wesen der feuerfesten Tone rechnet man nämlich zu diesen bloss

jene Materialien, deren Schmelzpunkt über *Seigerkegel* 26*) liegt und unterscheidet dabei wieder nach *Jochum*:**)

| | |
|----------------------------|---|
| Halbfeuerfeste Materialien | (Schmelzpunkt von <i>Seigerkegel</i> 26—29) |
| Feuerfeste | „ („ „ „ 30—32) |
| Hochfeuerfeste | „ („ „ „ 33—34) |
| Höchstfeuerfeste | „ („ „ „ 35—36) |

Klassifizieren wir unsere feuerfesten Tone nach diesen Gesichtspunkten unter gleichzeitiger Angabe einiger ihrer sonstigen wichtigsten Eigenschaften, so kommen wir zu folgender Übersicht (Tabelle A, Seite 180 u. 181).

Wenn wir der Vollständigkeit halber auch noch die schwer schmelzbaren, aber ausdrücklich bemerkt, nicht mehr zu den feuerfesten Tönen gehörigen Materialien erwähnen wollen, die für gewisse Zwecke, wo nur niedrige Hitzegrade in Betracht kommen, immerhin eine gewisse Bedeutung haben und deren Schmelzpunkte wir, allerdings in ganz willkürlich gewählter Weise, nach unten durch *Seigerkegel* 14, nach oben durch No. 25 begrenzen wollen, so kommen wir zu beiliegender Tabelle B (Seite 182 u. 183).

Betrachten wir nun die Tone der Tabellen A und B im Einzelnen noch etwas näher. Wir können sie, ohne Rücksicht auf ihren pyrometrischen Wert sofort in vier deutlich ausgeprägte Gruppen teilen, nämlich:

*) Dr. C. *Bischof*: „Die feuerfesten Tone.“

***) „Die Grenzen der Feuerbeständigkeit in der Fabrikation feuerfester Produkte und die Definition des relativen Begriffs „Feuerfest“ von Dr. *Paul Jochum*, Karlsruhe.

A. Feuerfeste

| Kontroll- No | Fundort | Schmelz- punkt in Sege- kegeln | Brandfarbe | Chemische | |
|-----------------|---------------------------|---|---|-------------------|-------------------|
| | | | | Si O ₂ | Ti O ₂ |
| | | | a) Höchst feuerfeste Tone (Kegel 34—36) | | |
| 1529 | Moutier (Berner Jura) | 35 | Rein weiss | 50,07 | — |
| | | | b) Hoch feuerfeste Tone (Kegel 32—34) Keine. | | |
| | | | Feuerfeste Tone (Kegel 29—32) | | |
| 1539 | Lausen (Baselland) | 30 | Weiss mit Rotstich | 68,09 | 1,93 |
| 1542 | „ „ | 30 | Weiss | 80,46 | 0,99 |
| 1543 | „ „ | 30 | Weiss | 72,99 | 1,20 |
| 1535 | Court (Berner Jura) | 30 | Lederfarbig II | 87,02 | 0,91 |
| | | | d) Halb feuerfeste Tone (Kegel 26—29) | | |
| 1530 | Moutier (Berner Jura) | 28—29 | Weiss | 61,19 | — |
| 247 | Hofstetten (Schaffhausen) | 28—29 | Fleischfarbig I | 45,24 | — |
| 1538 | Lausen (Baselland) | 28 | Lederfarbig II | 74,87 | 1,37 |
| 269 | Lohn (Schaffhausen) | 27—28 | Ziegelrot II | 43,28 | — |
| 1525 | Souboz (Berner Jura) | 27—28 | Weiss | 65,11 | — |
| 248 | Lohn (Schaffhausen) | 27 | Ziegelrot II | 43,66 | — |
| 274 | Laufen (Kt. Bern) | 26—27 | „ I | 84,00 | — |
| 1540 | Lausen (Baselland) | 26 | „ I | 73,74 | 0,88 |
| 1541 | „ „ | 26 | „ I | 72,62 | 0,25 |

Tone.

| Gesamtanalyse (auf ungebrannten Zustand berechnet) | | | | | | | | | | Plasti- zitäts- coef- fizient | Druck- festigkeit (trocken) kg/cm ² |
|--|--------------------------------|--------------------|------|--------|----------|--------------------|-----------------|------------------|-------------|---|---|
| Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ca SO ₄ | Ca O | Mg O | Alkalien | Ca CO ₃ | SO ₃ | H ₂ O | | | |
| 34,87 | 1,26 | 0,22 | 0,26 | 0,09 | 0,18 | — | — | 13,05 | 116 | 185 | |
| 19,04 | 2,20 | 0,27 | 0,72 | 0,21 | 0,12 | — | — | 7,42 | 24 | 181 | |
| 11,01 | 1,57 | 0,24 | 0,16 | 0,17 | 0,82 | — | — | 4,58 | 2 | 106 | |
| 15,58 | 1,81 | 0,32 | 1,13 | 0,22 | 0,15 | — | — | 6,60 | 18 | 218 | |
| 5,42 | 2,86 | 0,28 | 0,20 | 0,22 | 0,28 | — | — | 2,81 | keine Probe | 62 | |
| 27,90 | 2,10 | 0,17 | 0,23 | 0,21 | — | — | — | 8,25 | 71 | 327 | |
| 34,50 | 6,42 | 0,34 | 0,64 | 0,06 | — | 0,18 | — | 12,64 | — | — | |
| 12,28 | 4,92 | 0,28 | 0,03 | 0,60 | 0,17 | — | — | 5,48 | 3 | 91 | |
| 30,87 | 12,64 | 0,37 | 0,18 | — | 0,06 | — | — | 12,60 | — | 580 | |
| 24,16 | 2,10 | — | 0,64 | 0,09 | 0,14 | — | — | 7,76 | 119 | 355 | |
| 29,20 | 13,24 | 0,24 | 0,67 | 0,16 | 0,44 | 0,43 | — | 11,96 | — | Nicht bestimmt wegen starker Rissigkeit | |
| 8,59 | 3,98 | 0,75 | — | 1,37 | — | — | — | 3,44 | — | 77 | |
| 11,04 | 9,44 | — | 0,21 | Spuren | — | — | — | 4,94 | 2 | 103 | |
| 14,51 | 5,70 | — | 0,58 | „ | — | — | Spuren | 6,38 | 61 | 269 | |

B. Schwer schmelzbare

| Kontroll- No | Fundort | Schmelz- punkt in Sege- kegeln | Brandfarbe | | Chemische | |
|-----------------|--------------------------------------|---|---------------------|-----|-------------------|-------------------|
| | | | | | Si O ₂ | Ti O ₂ |
| 254 | Lohn (Schaffhausen) | 24—25 | Ziegelrot | II | 44,05 | — |
| 253 | " " | 23—24 | " | II | 53,34 | — |
| 250 | " " | 22—23 | " | II | 43,42 | — |
| 251 | " " | 21 | " | II | 44,04 | — |
| 249 | " " | 21 | " | II | 48,14 | — |
| 1583 | Oberflachs (Aargau) | 21 | " | II | 46,58 | 1,68 |
| 1528 | Souboz (Bern) | 20 | Fleischfarbig | II | 73,43 | — |
| 1532 | Delémont (Bern) | 20 | Ziegelrot | II | 41,54 | — |
| 1504 | Diessenhofen (Thurgau) | 20 | " | II | 43,96 | — |
| 919 | Stetten (Schaffhausen) | 20 | " | II | 40,46 | 1,13 |
| 1533 | Delémont (Bern) | 19 | " | II | 42,53 | — |
| 1534 | " " | 19 | " | II | 40,53 | — |
| 920 | Stetten (Schaffhausen) | 19 | " | II | 38,42 | 2,01 |
| 252 | Lohn (Schaffhausen) | 19 | " | II | 44,85 | — |
| 268 | " " | 18—19 | " | II | 45,77 | — |
| 1531 | Moutier (Bern) | 17 | " | II | 68,96 | — |
| 257 | Lohn (Schaffhausen) | 17 | Hausrot | III | 78,40 | — |
| 258 | " " | 17 | Fleischfarbig | II | 77,36 | — |
| 1613 | Pfeffinger Clus b. Aesch (Baselland) | 17 | Hausrot | III | — | — |
| 183 | Rheinfelden (Aargau) | 17 | Dunkelfleischfarbig | — | 64,67 | — |
| 1526 | Souboz (Bern) | 15—16 | Hausrot | III | 57,65 | — |
| 266 | Lohn (Schaffhausen) | 15 | Ziegelrot | II | 59,02 | — |
| 1560 | Bonfol (Jura) | 15 | " | II | 70,84 | 0,67 |
| 1615 | Pfeffinger Clus b. Aesch (Baselland) | 15 | " | II | — | — |
| 231 | Basadingen (Schaffhausen) | 15 | Rötlich | — | 82,36 | — |
| 487 | Heerbrugg (St. Gallen) | 15 | Fleischfarbig | I | 54,03 | — |
| 1599 | Diegten (Baselland) | 14—15 | Hausrot | III | 59,09 | 0,72 |
| 199 | Birmenstorf (Aargau) | 14—15 | Ziegelrot | II | 76,00 | — |
| 267 | Lohn (Schaffhausen) | 14 | Hausrot | III | 52,07 | — |
| 191 | Frick (Aargau) | 14 | Lederfarbig | I | 70,70 | — |
| 1513 | Egnach (Aargau) | 14 | Lederfarbig | II | 82,79 | — |
| 1537 | Lausen (Baselland) | 14 | Hausrot | III | 66,51 | — |
| 1578 | Bonfol (Bern) | 14 | Hausrot | III | 59,23 | 0,90 |

Tone (Kegel 14—25).

Gesamtanalyse (auf ungebrannten Zustand berechnet)

| Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Ca SO ₄ | Ca O | Mg O | Ca CO ₃ | Alkalien | H ₂ O | Plasti- zitäts- coef- fizient | Druck- festigkeit (trocken) kg/cm ² |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|------|------|--------------------|----------|------------------|--|---|
| 26,21 | 17,73 | 0,19 | 0,28 | — | — | 0,25 | 11,29 | — | 665 |
| 20,30 | 16,57 | 0,25 | 0,17 | — | — | 0,02 | 9,35 | — | 881 |
| 28,78 | 13,25 | 0,39 | 0,23 | 0,15 | — | 1,72 | 12,06 | — | 928 |
| 27,34 | 15,11 | 0,20 | 0,61 | 0,15 | — | 0,49 | 12,06 | — | 774 |
| 27,17 | 12,47 | 0,19 | 0,67 | 0,08 | 0,20 | 0,40 | 10,68 | — | 753 |
| 26,48 | 12,98 | 0,95 | 0,18 | 0,23 | — | — | 11,08 | 135 | 724 |
| 15,15 | 5,00 | — | 0,33 | — | — | 0,29 | 5,80 | 83 | 189 |
| 28,50 | 16,46 | — | 0,80 | 0,10 | 0,29 | 0,24 | 12,07 | 161 | Weg. stark. Rissigkeit keine Proben |
| 28,91 | 15,04 | — | 0,46 | — | 0,91 | — | 10,75 | 15 | " |
| 28,82 | 14,43 | 0,96 | 1,42 | 0,46 | — | — | 12,29 | 14 | 567 |
| 27,46 | 17,24 | 0,92 | 0,13 | 0,23 | — | — | 11,68 | 108 | Weg. stark. Rissigkeit keine Proben |
| 34,72 | 11,60 | 0,37 | 0,15 | 0,13 | 0,56 | — | 12,05 | 150 | " |
| 29,86 | 15,93 | 0,30 | 0,44 | Spur | — | 0,12 | 12,92 | 165 | 400 |
| 28,41 | 14,31 | 0,19 | 0,30 | 0,36 | — | — | 11,75 | — | 753 |
| 28,28 | 12,45 | 0,46 | 0,79 | 0,11 | 0,84 | 0,18 | 11,12 | — | 637 |
| 14,50 | 7,74 | 0,57 | 0,32 | 0,50 | — | 1,42 | 5,99 | 7 | 322 |
| 11,10 | 3,90 | 0,34 | 1,65 | 0,31 | 0,25 | 0,47 | 3,58 | — | 110 |
| 12,39 | 3,95 | 0,24 | 0,79 | 0,30 | 0,59 | 1,30 | 3,08 | — | 30 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 17,36 | 3,22 | 0,90 | 0,30 | 1,35 | 0,16 | 4,56 | 6,98 | — | 1195 |
| 18,86 | 12,63 | 0,44 | 0,26 | 0,51 | — | 2,03 | 7,62 | 122 | 2294 |
| 21,49 | 8,01 | 0,05 | 0,48 | 0,23 | — | 1,69 | 9,03 | — | 1387 |
| 13,25 | 7,41 | 0,56 | 0,08 | 0,20 | — | 1,36 | 5,63 | 64 | 786 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 6,74 | 4,10 | 0,76 | 1,77 | 0,15 | 1,48 | 0,04 | 2,60 | — | Wegen zu sand. Be- schaffenh. k. Proben |
| 19,31 | 5,35 | 1,06 | 0,48 | 1,93 | 1,38 | 2,74 | 13,67 | — | 1234 |
| 18,74 | 8,69 | 0,76 | 0,82 | 1,77 | — | 2,90 | 6,44 | Zu lett: keine Probe | 1993 |
| 12,81 | 3,24 | 0,32 | 0,77 | 1,61 | — | 1,47 | 3,78 | — | 799 |
| 25,20 | 8,62 | 0,54 | 0,15 | — | — | 3,18 | 10,24 | — | 1178 |
| 17,96 | 1,89 | 0,17 | 0,93 | 1,65 | — | 0,46 | 6,24 | — | 935 |
| 7,21 | 3,64 | 0,27 | 1,01 | 0,74 | — | 1,37 | 2,97 | sandig | 126 |
| 14,86 | 7,68 | 1,12 | 0,43 | 1,08 | — | 2,22 | 6,10 | 118 | 867 |
| 19,04 | 9,13 | 1,25 | 0,78 | 1,82 | — | 0,95 | 6,90 | 50 | 1406 |

1. In die weissen, kaolinartigen Materialien.
2. In die fetten, rotbrennenden, kalkfreien, aber stark tonerde- und eisenhaltigen Bohnerz- oder Bolustone.
3. In die ausgesprochen magern, sehr stark quarzhaltigen, kalkfreien, sich weisslich oder hell brennenden Huppererden oder Klebsande.
4. In Materialien von roter Brandfarbe ohne besonderes kennzeichnendes Gepräge.

Erste Gruppe. Diese, die hochwertigsten Tone enthaltende Gruppe umfasst leider nur drei Varietäten, die alle den Fundstätten im *Berner Jura*, in der Nähe von *Moutier* entstammen (No. 1525, 1529, 1530).

In technologischer Hinsicht ist Ton 1529 der hochwertigste, sowohl in Hinsicht auf seinen sehr hohen Schmelzpunkt (Kegel 35), bedingt durch den beträchtlichen Gehalt an Tonerde (34,87%), als auch in Hinsicht auf seine reinweisse Brandfarbe, eine Folge des sehr geringen Eisengehaltes (1,26%). Schlämmanalysen konnten mit dem Material zufolge seiner steinharten Beschaffenheit nicht ausgeführt werden. Seiner chemischen Zusammensetzung und sonstigen Eigenschaften nach ist dieses Material, wenn wir vielleicht von dem etwas zu hohen Eisengehalt absehen, den besten ausländischen Kaolinmarken völlig ebenbürtig und könnte durch Zerkleinern und Schlämmen zweifellos noch wesentlich vergütet werden. Etwas weniger günstig, sowohl hinsichtlich ihres pyrometrischen Wertes als Reinheit der Brandfarbe, stellen sich die beiden No. 1530 und 1525, die zu Folge des etwas höhern Eisengehaltes (2,10%) bereits einen schwachen Stich ins gelbliche, bezw. rötliche zeigen. Der verbesserten rationellen Analyse unterworfen zeigen sie folgende Zusammensetzung:

| No. des Tones | Farbloser Quarzsand u. Feldspath | Tonsubstanz | Sonstige Verunreinigungen |
|---------------|----------------------------------|-------------|---------------------------|
| 1525 | 64,00% | 34,44% | 1,50% |
| 1530 | 60,71% | 37,94% | 0,88% |

Zweite Gruppe. Vom technologischen Standpunkt aus sind die Bolustone — in unserer Untersuchung vertreten durch die Nummern: No. 247, 248, 269, 254, 253, 250, 251, 249, 1583, 1504, 919, 1532, 1533, 1534, 920, 252, 268, 267 — gekennzeichnet durch einen gleichzeitig hohen Gehalt an Tonerde (20,30—34,72 %), sowie an Eisenoxyd (6,42—17,73 %). Fast alle untersuchten Proben sind ferner, entsprechend dem hohen Gehalt an Tonsubstanz im formgerechten Zustand von einer aussergewöhnlichen Zähigkeit, Fettigkeit und Plastizität und weisen von den höchsten Plastizitätskoeffizienten auf, die überhaupt bei der ganzen Tonuntersuchung gefunden werden. Ihre Brandfarbe ist durchwegs rot, das pyrometrische Verhalten bei einigen (No. 247, 248, 269) ein recht günstiges, was bei den hohen Eisengehalten von 6,42, 13,24 und 12,64% einigermassen auffallen könnte, anderseits aber wieder erklärlich wird, weil der Gehalt an eigentlichen Flussmitteln gleichzeitig ein sehr minimaler ist, das Eisen aber bloss in Form von Eisenoxydul, nicht aber

in Form von Eisenoxyd schmelzpunkterniedrigend wirkt. Ihre Schwindung und Verdichtung beim Brennen ist auffallenderweise nicht so stark, wie man bei dem hohen Tonerdegehalt und der Fettigkeit der Materialien erwarten könnte. Die meisten dieser Tone zeigen ferner beim Brennen eine starke Neigung zu Haarrissigkeit und Klapprigkeit, die durch Zusatz von stark quarzigen Magerungsmitteln nicht behoben werden kann und wohl auf den starken Eisengehalt in Form von äusserst fein verteiltem Bohnerz zurückzuführen ist. Zusätze von leicht schmelzbaren, namentlich stark glimmerhaltigen Tonen oder Flussmitteln und scharfer Brand wirken in günstigem Sinne.

Dritte Gruppe. In technologischer Hinsicht stehen die Huppererden oder Klebsande an der Grenze zwischen eigentlichen Quarzsanden und Tonen; sie sind ausgezeichnet durch einen sehr geringen Gehalt an Al_2O_3 (5,42—19,04 %), andererseits durch einen hohen Gehalt an Kieselsäure (68,09—87,02 %) in Form von Quarz. Ihr Eisengehalt ist entweder so gering (1,57, 1,81 %), dass ihre Brandfarbe rein weiss ist (z. B. bei No. 1542 und 1543) oder dann schwach rosafarbig (No. 1539 und 1528 mit 2,20 bezw. 5,00 % Fe_2O_3), oder schliesslich ausgesprochen rot wie bei den Nummern:

| | | | |
|------------|--------|--------|--------------------------------|
| 1535 | 1538 | 1540 | 1541. |
| mit 2,86 % | 4,92 % | 9,44 % | 5,70 % Fe_2O_3 |

Entsprechend ihrem starken Quarzgehalt ergeben diese Materialien beim Brennen poröse, dumpf klingende Produkte mit erdigem Bruch, stark wassersaugendem Scherben und geringer Druckfestigkeit (62—269 kg/cm^2).

Mit Rücksicht hierauf und ihren geringen Gehalt an Tonerde können sie ohne Zusatz von sehr tonerereichen Materialien nie einen brauchbaren Chamottestein liefern. Die verhältnismässig bedeutendsten Fundstätten dieser Huppererden befinden sich, wie bereits erwähnt, teils in *Lausen*, teils in *Court* und *Lengnau* bei *Biel*. An ersterem Ort wird sie vom *Tonwerk Lausen* unter Zusatz von Pfälzertonen zu Chamottesteinen verarbeitet; in der *Verblendsteinfabrik Lausen* wird sie als Zusatz zu andern einheimischen Tonen bei der Verblendsteinfabrikation verwendet. Die Materialien der zweiten Fundstätte, *Court* im *Berner Jura* (1535) und *Moutier* (1528), werden daselbst mit der tonreichen, bereits erwähnten Marke 1530, sowie Material 1531 und Pfälzerton zu Chamottesteinen verarbeitet.

Vierte Gruppe. Als vierte und letzte Gruppe hätten wir dann noch eine Reihe teils fetter, teils magerer Tone mit rötlichen Brandfarben zu erwähnen, die man wie die

| | | | | | |
|----------|---|--------------------|---|---------|-------------------------|
| No. 1531 | } | <i>Moutier</i> mit | { | 8,23 % | Fe_2O_3 |
| " 1526 | | | | 13,67 % | " |
| " 1560 | } | <i>Bonfol</i> " | { | 9,85 % | " |
| " 1578 | | | | 9,81 % | " |
| " 1599 | | <i>Diegten</i> " | | 9,29 % | " |
| " 266 | | <i>Lohn</i> " | | 8,80 % | " |

zufolge ihres immerhin beträchtlichen Eisengehaltes noch zu den Bohnerztonen rechnen könnte, oder die keinen besonders ausgeprägten Charakter besitzen, wie die

| | |
|----------------|-------------------|
| No. 257 u. 258 | (Lohn) |
| „ | 183 (Rheinfelden) |
| „ | 231 (Basadingen) |
| „ | 487 (Heerbrugg) |
| „ | 199 (Birmenstorf) |
| „ | 191 (Frick) |
| „ | 1513 (Egnach) |
| „ | 1537 (Lausen) |
| „ | 1613 (Aesch) |
| „ | 1615 (Aesch) |

und daher, sei es für sich allein, sei es in Mischung mit andern Tonen, zur Fabrikation von Irdenwaren Verwendung finden.

Die Untersuchungen der Schweiz. Geotechnischen Kommission konnten sich natürlich bloss auf die bereits in Ausbeutung begriffenen oder sonst frei zu Tage tretenden, ohne besondere technische Hilfsmittel leicht zugänglichen Tonvorkommen erstrecken; sie machen daher keinen Anspruch darauf, ein absolut vollständiges Bild sämtlicher Tonvorkommen der Schweiz zu bieten. Dass daher, sei es durch Zufall, sei es durch absichtliche Sondierungen mittelst Bohrlöchern, gelegentlich neue, vielleicht auch wertvolle und abbauwürdige Tonlager entdeckt werden, ist nicht ganz ausgeschlossen. So wurden nach Abschluss unserer Untersuchung im Jahre 1905 von privater Seite am rechtsseitigen Talhang der *Birs* bei *Aesch* am „*Lenzberg*“, andererseits am linken *Birsufer*, in der sogenannten „*Pfeffinger Clus*“ durch eine Reihe von Tiefbohrungen Tonlager von zum Teil hochwertiger Qualität und angeblich beträchtlicher Mächtigkeit entdeckt. Nach den von der Eidgen. Materialprüfungsanstalt vorgenommenen Schmelzpunktbestimmungen stellen sich diese Tone in ihrem pyrometrischen Wert auf die Stufe der *Seggerkegel* 28, 29, 29—30, 31 und 34—35, gehören also pyrometrisch zum Teil zu den hochwertigsten Rohmaterialien der Tonwarenindustrie. Weitere Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung und die sonstigen wichtigsten technischen Eigenschaften dieser Tone liegen zur Zeit noch nicht vor; es ist daher augenblicklich nicht möglich, sich über die Natur dieser Materialien und ihre Eignung zu den verschiedenen keramischen Produkten ein abschliessendes Urteil zu bilden. In hohem Grad wäre es aber zu begrüessen, wenn die Bemühungen der betreffenden Initianten auf Grund der gemachten Funde eine neue lohnende Industrie feuerfester Produkte zu gründen von Erfolg gekrönt würden, damit unser Land auch in dieser Beziehung vom Ausland etwas weniger abhängig würde.

Ziehen wir aus den hier gemachten Darlegungen über den Reichtum unseres Landes an feuerfesten und Edeltönen unsere Schlussfolgerungen, so ist das Bild gerade kein erfreuliches und es ist leider wenig Hoffnung vorhanden, dass wir unseren, voraussichtlich von Jahr zu Jahr sich steigernden Bedarf an feuerfesten Steinen je werden ganz im eigenen Lande decken können, namentlich so weit er hoch tonerhaltige, erstklassige Chamottesteine anbetrifft, die im Verbrauch unseres Landes an feuerfesten Materialien zweifellos einen starken Prozentsatz bilden. Solche Steine sind bei höchster Feuerfestigkeit gekennzeichnet durch einen sehr hohen Gehalt an Al_2O_3 bei verhältnismässig niedrigem Gehalt an Kieselsäure. Besonders zur Ausfütterung von Cementöfen, in denen stark basische Materialien (Kalkmergel) bei sehr hohen Temperaturen gebrannt

werden, werden sich natur- und erfahrungsgemäss am besten Chamottesteine verhalten, die unter sonst gleichen Bedingungen möglichst basisch sind, d. h. einen maximalen Gehalt an Al_2O_3 und einen minimalen Gehalt an SiO_2 enthalten. So weisen denn die besten ausländischen Marken an Chamottesteinen bei einem Feuerfestigkeitsgrad entsprechend *Seigerkegel* 34—36, Tonerdegehalte von 38, 40, 42, 45, ja sogar 46%, bei einem Kieselsäuregehalt von rund 59, 58, 57, 51 und 50% auf, während wir einen einzigen und dazu noch in minimalen Mengen vorkommenden Ton kennen gelernt haben, der bei ähnlichem Feuerfestigkeitsgrad, wie oben erwähnte Marken (*Kegel* 35), im gebrannten Zustand einen entsprechenden Gehalt an Tonerde (40,10%) und Kieselsäure (57,59%) besitzt.

Wenn wir also mit den wenigen übrigen in Betracht kommenden Tonen, die sowohl in pyrometrischer Hinsicht, wie chemischer Zusammensetzung etwas tiefer stehen als No. 1529, gute Chamottesteine herstellen wollen, so sind wir entweder genötigt, sie mit mehr oder minder hohen Zusätzen stark tonerdehaltiger ausländischer Materialien zu versetzen oder sie durch einen Schlämmprozess zu vergüten, d. h. an Tonerde anzureichern.

Wie wir bereits Eingangs gesehen, wird in unsern Fabriken meist der erste Weg befolgt und als Zusatzmaterial vielfach der Ton von *Hettenleidelheim* in der Pfalz verwendet, dessen beste Qualitäten im gebrannten Zustand etwa 40,5% Al_2O_3 enthalten und der als ausländische Bezugsquelle wohl am günstigsten liegt.

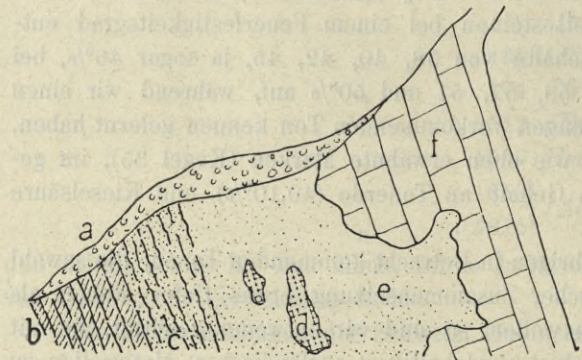
Dass in anderen Industrien als der Cementindustrie, in denen man mit niedrigeren Hitze-graden arbeitet und bei denen andere pyrochemische Vorgänge sich abspielen, auch Steine mit geringerm Gehalt an Tonerde und entsprechend höherm Gehalt an Kieselsäure ebenfalls recht befriedigende Dienste leisten, braucht wohl nicht besonders bemerkt zu werden.

Vorkommen und Entstehungsweise der feuerfesten Tone (Gruppe 1—4).

In ausgedehnten regelmässigen Lagern oder Schichten kommen die Tone der ersten und der dritten Gruppe im Jura nirgends vor; sie sind vielmehr nur eine zufällige, wahrscheinlich sekundäre Ausscheidung sogenannter Hupperlager und der sie begleitenden Bolusarten. Bevor auf die Entstehungsweise dieser Tone eingetreten werden kann, ist es daher notwendig, diejenige der Huppererde und der Quarzsande (*Sables vitrifiables*) des Jura vorzuschicken. Besonders im Teile des *Jura* südlich der oberrheinischen Tiefebene, also zwischen *Basel* und *Biel*, stösst man im Jurakalk, und zwar meistens im obern Teil desselben, auf sogenannte „Taschen“, die mit ziemlich reinem weissem Quarzsand angefüllt sind. Stellenweise sind diese Sande mit Tonen von verschiedener Farbe (weiss, grau, grünlich, bläulich, gelb, rot, rotbraun), einzeln oder bunt durcheinander, durchdrungen. Die häufig vorkommenden Mischungen von etwa 80—90% krystallisierter Kieselsäure mit 20—10% mehr oder weniger reiner Tonerde nennt man Klebsande oder Huppererde. Bald enthält eine Tasche nur reinen Quarzsand, bald Huppererde, wieder eine andere nur gelben oder roten Ton (sog. Bolus) mit oder ohne Bohnerzkügelchen.

In ein und derselben Tasche können aber auch gleichzeitig alle drei Minerale nesterweise nebeneinander vorkommen, meist in der Art, dass der Quarzsand am Grund d. h. auf dem Jurakalk und dessen Schloten, der Bolus oben oder auch ringsum an der

Fig. 1.
Glassandgrube im umgekippten Jurakalk
 (Souboz, Berner Jura).



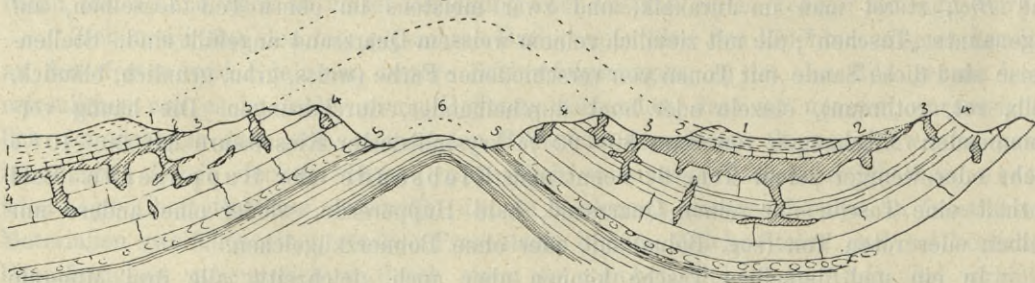
a — Schutt; b = Bolus mit Bohnerz; c = Bunte Tone;
 d = Weisse Tone; e = Quarzsand; f = Jurakalk.

Kalkwand d. h. cylinderartig und wahrscheinlich nachträglich durch Infiltration abgelagert wurde. So liegen die Verhältnisse in der Umgebung von *Biel* und *Solothurn*, namentlich in den grossen Gruben von *Lengnau* (Longeau), im Tal von *Balsthal*, bei *Laupersdorf* und *Matzendorf*, im Tal von *Tavannes* (Dachsfelden), bei *Fuet*, *Saicourt*, *Court*, *Champoſ*, im Tal von *Moutier* und im *Petit Val* bei *Souboz*, im *Basler Jura*, besonders bei *Lausen* an einigen Orten bei *Aesch* und im *Pfirter Jura*, sowie auch bei *Kandern* im badischen Oberlande. In diesem ganzen Gebiet standen nun ursprünglich sämtliche

Quarzsand- und Bohnerztaſchen durch ihre oberste Decke, welche durchgehend der sogenannten Bohnerzformation, geologisch einem limnischen Absatz der Eocänperiode angehört, mehr oder weniger im Zusammenhang. Diese Decke besteht vorwiegend aus Bolus und Bohnerz, zuweilen auch aus eocänen Süſswasserkalken der jüngern Eocänstufen (*St. Ouen* bei *Paris*, *Ludes*, *Brie* etc.), welche in keinem Muldental des betreffenden Teils des Jura fehlen. Die Bolusarten und die Süſswasserkalke haben somit von Anfang an eine grössere Verbreitung als die Quarzsande und Huppererde gehabt; die letztern füllen nur einzelne Löcher und dolinenartige Vertiefungen der jurassischen Unterlage, während die Bolusarten mit den Süſswasserkalken die ganze Unterlage samt den Taſchen bedecken, stellenweise eine Lehmdecke von 50—100 m Mächtigkeit bilden und ursprünglich wohl auch eine grössere Verbreitung als gegenwärtig besaſsen; denn die eocänen Absätze sind überall als Unterlage der Tertiärformation mit dem Jura concordant gefaltet worden und müssen auch ursprünglich über den Juragewölben existiert haben, so dass z. B. die Bolusschichten des *Delsbergertales* samt der darüber liegenden Molasse über dem *Raimeux* mit den

Fig. 2.

Schematischer Durchschnitt einer jetzt aufgebrochenen, d. h. erodierten Jurafalte mit der in den Mulden noch aufgesetzten Bohnerzformation und Molasse.



Legende: 1. Molasse; 2. Eocäner Süſswasserkalk; 3. Eigentliche Bohnerzformation; 4. Malm oder Jurakalk (Oberer Jura); 5. Oxfordstufe; 6. Dogger oder Mittlerer Jura.

entsprechenden Bildungen des *Münstertales* im Zusammenhang standen. Die Erosion hat diese weichen Schichten zunächst abgetragen, dann aber auch die Jurakalkschichten in die jetzigen Gräte und Comben der Juraberge ausmodelliert. Ein nicht geringer Teil der früher vorhandenen Quarzsand- und Huppertaschen ist somit der Erosion bereits anheimgefallen, sind schon längst zerstört und wir finden daher nur noch solche leicht zugänglich, welche durch den jetzt entblösten Jurakalk auf Berghängen, magern Weiden und in Wäldern zu Tage treten. In den Muldentälern des Jura sind solche Lagerstätten meistens durch eine mächtige Molasse- und Schuttmasse verdeckt. Sie wurden aber durch Bohrarbeiten und Bergwerkbetrieb in der Tiefe nachgewiesen, so z. B. im *Delsbergertal*. Stellenweise können die Quarzsande in den Bergwerken den Bolus und die Bohnerzablagerungen vertreten. Ein Weitergraben nach letztern hätte dann keinen Zweck mehr, weil man unter dem Quarzsand niemals Bohnerz nachzuweisen imstande war.

Die oben erwähnten weissen kaolinartigen Materialien der ersten Gruppe liegen nun nesterweise in den Quarzsand- und Huppererde-Taschen eingebettet und bilden nirgends ein bedeutendes Lager. Ihre Ausdehnung und Menge kann man zum voraus auch nicht annähernd bestimmen, da sie nie gegen die umgebenden Quarzsandmassen scharf abgegrenzt sind. Meist sind sie auch durch Quarzsand verunreinigt und daher schwer rationell auszubeuten; auch verliert man die aderförmigen Nester bei der Ausbeutung leicht aus den Augen (Fig. 1 d). Bis jetzt hat einzig und allein die Umgebung von *Moutier* (Münster) im Berner Jura diese Tone geliefert. Sie finden sich hauptsächlich in der grossen jetzt schon verlassenen Grube bei *Souboz* (No. 1525) und bei der Glashütte in *Moutier* (No. 1529, 1530) und werden mit dem Glassand ausgebeutet; von letzterm werden sie so gut es geht getrennt; eine technische Verwertung haben sie bis jetzt nicht gefunden. Zuweilen kommen diese Tone in solchen Ecken und Winkeln der Gruben vor, wo man aus Furcht vor Einstürzen und Rutschungen die Ausbeutung einstellen muss; auch sucht man ihnen aus dem Weg zu gehen oder wirft das Material mitsamt der Schuttdecke und dem Griengruss, welche sich gewöhnlich an der Oberfläche und am Fusse des Jurakalks befinden, als wertlos beiseite. Etwas grössere Mengen dieses Materials werden in *Moutier* beim Waschen des daselbst zur Glasfabrikation verwendeten Quarzsandes gewonnen. Der rein weisse Quarzsand muss nämlich durch Waschen von den anhaftenden Tonpartikelchen befreit werden, und damit die abfliessenden milchig-weissen Waschwässer die forellenreichen Bäche und Flüsse der Umgebung nicht trüben, werden sie in besondere Absatzteiche geleitet, in denen der weisse Ton sich ansammelt (Nr. 1524). Auch diese künstlichen Lager von weissem Ton haben aber, wie bereits gesagt, wegen ihrer geringen Menge keinerlei technische Verwendung gefunden. Wegen seiner grossen Ähnlichkeit mit den Tonen No. 1525, 1529 und 1530, hinsichtlich Lagerung, Farbe und technischen Eigenschaften wurde dieses Produkt nicht näher untersucht. Es wäre jedoch zu wünschen, dass dieses wertvolle Material mit der Zeit gesammelt und vor Verunreinigungen geschützt würde.

Eine wesentlich grössere Bedeutung, wenigstens was die Häufigkeit des Vorkommens anbetrifft, kommt den Materialien der Gruppe 2 und 4, den Tonen der Bohnerzformation zu, die sich über einen grossen Teil des Jura bis in seine letzten Ausläufer im Kanton Schaffhausen verbreiten. Die hauptsächlichsten Fundstätten dieses Materials sind das Becken von *Delémont* und die Umgebung der Dörfer *Lohn* und *Stetten* im Kanton Schaffhausen. Man findet diese gelben, braun-, ziegel- oder dunkelroten, also stark

eisenhaltigen Bolusarten, welche auch an ihrer Basis die Limonitkugeln des Bohnerzes enthalten, gleich über dem Quarzsand und der Huppererde, zum Teil auch stellenweise mit ihnen vermenget vor. Stellenweise sind sie auch mit jüngeren tertiären Tonen vermenget oder sogar durch Verwitterungsprodukte derselben ersetzt (*Aargau, Aesch*). Die eigentlichen Bohnerztone sind völlig kalkfrei, doch werden sie gegen oben oder auch an ihrer Basis durch Süswasserkalke ersetzt, welche beweisen, dass diese Tone normal geschichtet sind, oft sogar in mächtigen Schichten abgelagert wurden und somit keine terra rossa auf primärer Lagerstätte darstellen. Übrigens findet man in diesen Bolerden spärliche Süswasserschnecken wie *Limnaea longiscata* Brong. und *Planorben*¹⁾, welche die palustre Natur dieser Ablagerungen beweisen. Man kennt auch Stellen (In der Schelten, Moos im Guldenthal), wo die roten Erden durch rote und gelbgefleckte Bohnerzkalke ersetzt worden sind. Es sind aber diese Kalkablagerungen durchaus nicht die Regel in der Bohnerzformation, sondern nur eine lokale oder eine zeitliche Ausnahme. Die grosse Masse dieser eocänen Ablagerungen sind eisenhaltige Bolusarten. Diese haben eine grosse Verbreitung und bedecken im zentralen, nördlichen und östlichen Jura, sowie am Randen, im badischen Oberlande und in Schwaben, je nach dem Grade der Erosion im Jurakalk bald die tiefste bald die höchste Stufe des weissen Jura oder des Malm. Nur im nördlichen Elsass und in den Rheinländern beobachtet man die Bohnerzformation auf dem Dogger (braunem Jura) oder auf tiefern Gebilden ruhend. Im westlichen und im südlichen Jura, also dort wo die Hils- und Kreideschichten noch anstehend beobachtet werden, sind die Bohnerzgebilde spärlicher verbreitet. Doch kennt man auch roten Bolus mit eocänen Säugetierknochen in Spalten und Taschen des weissen Urgonkalkes, z. B. in *Entreeroches* bei *La Sarraz*, einer Eisenbahnstation zwischen *Yverdon* und *Lausanne*. Bohnerz selbst kommt im westlichen Jura seltener vor, doch ist es in diesem roten Bolus nicht vollständig unbekannt. So hat z. B. der Neocomkalk von *Neuchâtel* mehrere Bohnerzspalten westlich der Stadt, bei der „Promenade des Zig-zags“ und in der Stadt selbst geliefert²⁾. Es ist ein kieselreiches Bohnerz, das sehr wenig Tonsubstanz als Muttergestein enthält; daneben finden sich viele Schlote und Nester im Neocom, welche mit rotem oder gelbem, quarzsand- und glauconithaltigem Bolus gefüllt sind. Wir kommen darauf weiter unten nochmals zurück. Im südöstlichen Jura sind die Bohnerzgebilde noch spärlicher verbreitet. Doch kennt man Quarzsandgruben, z. B. *Les Echelles* in *Savoien*³⁾, die mit bunten Quarzsanden und obereretacischen Feuersteinknollen angefüllt sind und *Lophiodonzähne*, also unter- bis mitteleocäne Fossilien geliefert haben.

Die Bolusarten, welche im *Basler Jura* mitteleocäne Süswasserkalke mit *Planorbis pseudammonius* (von Schl., Voltz, Quenst.) bedecken⁴⁾, sind wohl jünger als der Kalk von *St. Ouen* bei *Paris*, also jünger als oberes Bartonien; sie können vom Alter des Pariser Gypses sein. Diese Schlussfolgerung wurde von *J. B. Greppin*, *Rütimeyer* und *Andern* für die Säugetierreste von *Moutier*, *Egerkingen* und *La Sarraz* wegen des Vorkommens von *Palæotherium*, *Lophiodonzähnen* u. dgl. schon früher gezogen. *Rütimeyer*

¹⁾ Siehe *J. B. Greppin*, Notes géologiques, pag. 56; Essai géologique, pag. 123.

²⁾ Siehe *M. de Tribolet*: Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, vol. 11, pag. 24—31, in 8°, Neuchâtel 1877.

³⁾ *W. Kilian*: Sur la découverte de restes de *Lophiodon* dans les sables siliceux des Echelles (Savoie). Annales de l'Université de Grenoble, vol. 10, No. 2, 1898.

⁴⁾ Ueber die Bolus- und Huppererdespalte von *Lausen* bei *Liestal* siehe *Gutzwiller*: Eocäne Süswasserkalke, in „Abhandl. der Schweiz. pal. Gesellsch.“, Bd. 32, 1905, worin eine Bücherliste; ferner: *Leuthardt*: Hupper-Ablagerungen im Jura, in „Ecol. géol. Helvet.“, vol. 9, p., 145—147, 1906.

meinte*), Lophiodon beweise ein höheres Alter als Paläotherium; der Fund von *Les Echelles* würde das Alter des Quarzsandes, wie wir es durch die Lagerung gesehen haben, grösser als dasjenige der Bolusarten machen. Doch kennt man auch Lophiodonzähne in Bolustaschen (*Egerkingen*) und Quarzsande, die über dem roten Bolus liegen (*Moutier*). Letzteres Vorkommen kann man so erklären, dass älteres Quarzsandmaterial mit dem Bolus auf secundärer Lagerstätte sich befindet, gerade so wie man im Oligocän und im Miocän des Schweizer Jura Bolus und Bohnerz in Wechsellagerung mit Jurageröllschichten findet. Gleichviel wie es mit dem genauen Alter des obereocänen Bolus des Jura sich verhalten mag, soviel steht fest, dass dieses Material in grossen Massen geschichtet ist und dass es gegen oben d. h. vom Oligocän durch eine ebenfalls geschichtete Süsswasserkalkdecke getrennt ist. Letzterer Süsswasserkalk ist vom Alter des Ludien (über dem Parisergyps) und enthält bei *Moutier* *Limnaea longiscata* Brong., *Planorbis goniobasis* Sandb. und bei *Solothurn* *Chara helicteres* Brong. In höherer Lage kommen bei *Solothurn* am Südportal des *Weissensteintunnels* nochmals Bolus mit Bohnerznestern, dann Papierkohle, Dysodil und Hydrobienkalke vor, welche das oberste Eocän, das Sannoisien von *de Lapparent* oder vielleicht schon ein lagenartiges Tongrien darstellen. Höher als im eigentlichen Oligocän kommen keine Bolusarten mehr vor. Das geologische Alter unseres siderolithischen Bolus ist sicherlich ein obereocänes, kein jüngerer und auch kein älteres, z. B. obercretacisches. Er stellt keine Verwitterungsdecke aus der Kreidezeit dar, wie man es in letzter Zeit behauptet hat, sondern wurde von Landwässern in grossen Seen und Lagunen am Nordrande des alpinen Eocänmeeres abgelagert. Woher das Material als Verwitterungsprodukt herkommt, werden wir weiter unten besprechen. Die Lagerung der Bolusarten zwischen mitteleocänen Sanden und obereocänen Süsswasserkalken bedeutet somit eine normale, wenn auch palustre oder lacustre, aber nicht marine geschichtete Tonmasse; sie ist auch keine terra rossa, welche etwa aus dem Jurakalk durch Verwitterung zur Kreide- und Eocänzeit an Ort und Stelle entstanden wäre.

Über die Verbreitung und Ausbeutung des siderolithischen Bolus noch kurz folgendes. In den Mulden des südlichen *Berner Jura*, besonders im *Delsbergertal*, erreichen die roten und die gelben Bolusarten eine Mächtigkeit von über 60 m. Bohnerzkügelchen befinden sich nur an der Basis der Tone, ebenso in den Spalten und Taschen der jurassischen Kalkunterlage. In der Umgebung von *Delsberg*, wo das Bohnerz durch die *L. von Roll'schen Eisenwerke* auf bergmännischem Wege ausgebeutet wird, werden grössere Mengen von rotem und gelbem Bolus aus den vorgetriebenen Stollen und Schächten als Nebenprodukte gewonnen und bleiben als Schutthaufen auf der Erdoberfläche liegen. Meist enthalten sie immer noch einzelne Bohnerzkügelchen, daneben verschiedene Verunreinigungen wie Holz, Grien und Kalkbrocken aus den höhern Schichten. Reiner Bolus wird aber in der sog. „Erzwäsche“ (Lavoires) in *Rondez* gewonnen, wo das Bohnerz, vor seiner Verhüttung im Hochofen von *Choindes*, durch einen mechanischen Waschprozess in einer Waschtrommel von den anhaftenden Tonpartikelchen befreit wird. Der Ton macht ungefähr die Hälfte des rohen Bohnerzes aus. Durch Absetzen der Waschwässer in Tümpeln (Lavoires) und Kanälen erhält man den Bolus in Form eines äusserst feinen rotbraunen Schlammes (No. 1532—1534), der in neuerer Zeit mit Vorteil

*) Verhandlungen der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, Jahrgang 1888, pag. 99; Archives de Genève, 3^{me} pér., t. 20, p. 341—343; Eclogae geol. Helvet., vol. 1, pag. 215—217, in 8^o, Lausanne 1888.

als Zusatz zum Formsand in der Eisengiesserei, zu keramischen Produkten aber noch nicht verwendet wird.

Im *Münstertal* findet man Stellen, wo blutrote Tone in Taschen des Jurakalks und stellenweise auch als anstehende Schicht zwischen Jurakalk und eocäner Süßwasserkalk liegen. Sie sind ebenfalls gänzlich kalkfrei, enthalten aber so viel Eisenoxyd, dass sie für keramische Produkte nicht verwendbar sind.

Hellrote und gelbe Bolusse findet man in grösserer Menge auch am *Randen* bei *Schaffhausen*; auch dunkelrote Sorten finden sich daselbst vor, sind aber wie die erstern meist frei von Bohnerzkügelchen. Zwar wurde Bohnerz in Taschen des Jurakalks am *Randen* und an der *schwäbischen Alp* ebenfalls gewonnen, aber die meisten Lager sind jetzt erschöpft; die bunten Tone dagegen sind stets als normale Eocändecke zwischen Molasse und Jurakalk, besonders aber in dessen Spalten und Schloten anzutreffen. So sind die Umgebungen von *Lohn*, *Stetten* und *Hofstetten* durch ihre Boluslager bekannt. Es werden diese Tone daselbst von mehreren Ziegeleien verarbeitet, namentlich auch zu Produkten, an die hinsichtlich Feuerfestigkeit keine sehr hohen Anforderungen gestellt werden. Oberhalb des Rheinfalles, unter dem Schloss *Laufen*, sieht man auch die gelben eocänen Tone zwischen Jurakalk (*Wettingerschichten*) und oligocäner Molasse anstehen.

Es erübrigt uns noch die Genesis der gesamten eocänen Bildungen zu überblicken. Welches sind nun die Beziehungen der eocänen Bohnerzgebilde zur Festlandperiode, die für den topographischen Jura in die obere Kreidezeit und in die ältere Eocänzeit fällt. Wir müssen, um dieselben zu erklären und zu verstehen, uns ein Bild machen vom Rückzug des Kreidemeeres aus unserm Jura und den Betrag der Erosion, welche die Kreideschichten zunächst angegriffen hat, ins Auge fassen.

Es ist klar, dass nach der Trockenlegung grösserer Landmassen (Elsass, Jura, Schwaben etc.) am Ende der Kreidezeit die Verwitterung in erster Linie die Kreidesedimente angreifen und abtragen musste. Die jetzigen Grenzen der Kreide im Jura, in erster Linie des Grünsandes, des Gault und der Cenomankreide sind natürlich nicht die ursprünglichen Grenzen oder die Uferlinien des Kreidemeeres. Die wenigen Erosionsrelikten, die in den Muldentälern des westlichen und des südlichen Jura noch vorkommen und die ursprünglich eine kontinuierliche Kreidedecke bildeten, zeigen schon, dass weitaus der grösste Teil der Kreide vom Lande durch Erosion verschwunden ist. Diese Erosion hat natürlich hauptsächlich am Ende der Tertiärzeit gleichzeitig mit der Erosion der Molasse stattgefunden. Man kann aber im Jura eine grössere Abtragung der Kreide als der Molasse nachweisen, d. h. die Molasse bedeckt gegenwärtig noch grössere Flächen als die Kreide. Sie zeigt auch noch ursprüngliche Uferlinien mit durchlöcherten Geröllen, worin noch die Schalen von küstenbewohnenden Pholaden (*P. cylindrica* Sow.) stecken. In der Kreide sind im Jura die Uferbildungen unbekannt. Alle Kreidesedimente, insbesondere diejenigen der Cenomankreide sind Flachseebildungen, die sich ursprünglich über viel grössere Flächen ausgedehnt haben müssen, als es jetzt der Fall ist. Man hat aber auch den direkten Beweis, dass die Kreide im Jura ursprünglich weiter nördlich reichte als bis zur Linie *Cressier-Pontarlier*, wo die nördlichsten anstehenden Kreideschichten die Urgonkalke normal bedecken. Am Nordfuss des Bielersees, von *Liebertz* bis *Bötzingen*, kommen vereinzelte Fetzen von Cenomankalken und Mergelkalken mit Fossilien (*Inoceramus cuneiformis* d'Orb., *Holaster sub-*

globosus Ag.) vor, deren Lagerung auf Valangien oder sogar auf Portlandien (der höchsten Malmstufe) als anormal bezeichnet werden muss, da im eben genannten Revier die sämtlichen Hilsstufen vor Ablagerung des Cenoman den Jurakalk überall bedeckt haben müssen. Es ist dem einen der beiden Verfasser ferner gelungen, rötliche Cenomanmergel und auch gebleichte Gaultmergel mit Fossilien und charakteristischen Phosphatfossilien des untern Grünsandes (Untern Albien) samt Brocken und Fossilien mehrerer Hilsstufen (Neocomien, Oberes Valangien) in Bohnerztaschen bei *Biel* und *Fuet* hier mitten im Berner Jura aufzufinden.¹⁾

Die Bohnerztasche von *Le Fuet* bei *Bellelay* ist besonders interessant, weil sie in einer Gegend liegt, wo bisher keine Kreide und kein Hils bekannt waren. Diese Bolus- und Quarzsandtasche liegt im Portlandkalk in steiler Stellung aufgerichtet. Die Unterlage der Tasche, d. h. die tiefsten Juraschichten gehören den sogenannten Virgulamerkeln (mit *Ostrea* [*Exogyra*] *virgula* Defr.) an. Auf dieser jetzt nun aufgerichteten Unterlage (die Aufrichtung geschah am Ende der Tertiärzeit) ruhen concordant zunächst eisenhaltige Tonarten der Bohnerzformation und bunte Quarzsande, welche die Hauptmasse der Tasche bilden. Die Decke und die Wände bestehen aus weissem Portlandkalk. Im östlichen Teil der Tasche nun, mitten im Quarzsand drin, lag vor einigen Jahren eine stark oxydierte, d. h. ausgelaugte und zum Teil zersetzte Partie von Valangien (Limonit)kalken, Neocommergeln mit Fossilien, Neocomkalken ebenfalls mit Fossilien, Gaultmergeln mit Phosphatfossilien, alles mit Eindrücken, Gleitstreifen und ziemlich ordnungslos durcheinander. Das Bindemittel war so tonig, dass man es als ein Zwischenglied zwischen Neocom, resp. Gaultmergel und Bohnerzton betrachten kann. Taschen mit ausgelaugten oxydierten gelben Neocommergeln, mit verstellten und zum Teil zerbrochenen Fossilien kennt man in den Valangienkalken des *Bielersees* schon lange, ebenso im *St. Immertal* und weiter westlich im *Jura*; Bohnerz- und Huppertaschen mit eingeschlossenen Hils- und Kreidesteinen sind ferner bei *Bellelay* und *Court* vorhanden. Die Huppererdegruben von *Lengnau* bei *Grenchen* haben verkieselte Neocomfossilien geliefert, die zum Teil in dem ebenfalls verkieselten Muttergestein noch eingeschlossen waren (*Lima Tombeckiana* d'Orb, *Greppin'sche* Sammlung, jetzt in der Sammlung der geologischen Landesanstalt Strassburg.²⁾

Alle diese Funde beweisen, dass die Bohnerztaschen Hils- und Kreidematerial enthalten und es liegt auf der Hand, die Herkunft der Bohnerzsedimente in der verwitterten Kreidedecke des Jura zu suchen. Die Kreidemergel, besonders die Cenoman- und Gaultmergel, dann die Neocommergel liefern durch Verwitterung und Auslaugung, d. h. Kalkelimination gelbe und rote Bolusarten. Prof. *Schardt* hat gezeigt, dass die glauconitischen sandigen gelben Kalke von *Neuchâtel* in Salzsäure einen grünen sandig-tonigen Auslaugungsrückstand hinterlassen, ganz ähnlich dem Material, das man in Schloten und Taschen des Neocom bei *Neuchâtel*, *Bellerroche* etc. findet.³⁾ Die Steinbrücke von *Yverdon*, die Hilskalke am *Bielersee*, viele Portlandkalke etc. sind so durchlöchert und corrodirt und mit bunten Bolusarten angefüllt, dass man hier, wie für alle Neocom- und Gaultaschen dieser Gegend einzig und allein die Einwirkung von Säuerlingen zur Erklärung dieser Phänomene heranziehen kann.

¹⁾ „Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel“, vol. 32, 18 mars 1904.

²⁾ Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. Lieferung 38, pag. 104, 1898.

³⁾ Bulletin Neuch., t. 27, p. 14; t. 29, p. 59; Archives de Genève, 4^e pér., t. 8, p. 475; t. 15, p. 59—68, 1902; Rameau de Sapin, 1^{er} juin 1899.

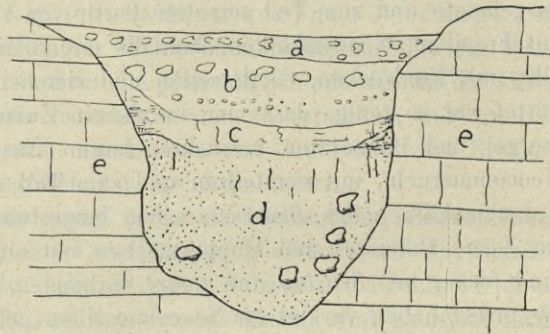
Wir haben somit auf der jetzigen Nordgrenze der Hils- und Kreidebildungen im Jura eine Umwandlungszone ihrer Gesteine in Bohnerztone. Hier hat jedoch die Auslaugung nicht alles Kreidematerial in Ton umwandeln können; die Arbeit ist hier stehen geblieben. Weiter nördlich hat sich ursprünglich auch eine Decke von Hils- und Kreidesedimenten erstreckt. Sie hat wahrscheinlich bis ins *Elsass*, weit in den *Aargauer Jura* und nach *Schwaben* hineingereicht und wurde zur obern Kreidezeit, wie auch noch zu Anfang der Eocänzeit in Bohnerzton und Sande umgewandelt. Die Grünsande des Albien (Quarzsande + Eisensilikate) lieferten selbstverständlich die Hauptmasse der Hupperde und der Quarzsande (Glassande) der Bohnerzformation. Aus den Jurakalken kann man durch Auslaugung selbstverständlich keinen Quarzsand, sondern nur wenig bunten Bolus bekommen; sie haben daher unter der Einwirkung von Säuerlingen nur wenig Bolus erzeugt, wohl aber die vielen Jaspis- und Hornsteinknollen mit Nattheimerfossilien hinterlassen, welche man so oft in den Bohnerztonen in *Baselland (Lausen)* in *Kandern*, am *Randen* etc. antrifft. Dass aber die eocänen Säuerlinge die verschiedenen Stufen des Malm durchdrungen haben, beweisen die einzelnen Schlote und Höhlen, die mit Bohnerztonen erfüllt bis in die tiefste Malmstufe, in das sogenannte Rauracien reichen. Hier im Rauracien sind die Bolus- und Glassandtaschen viel seltener als in den obern Malmstufen, wenn diese an der betreffenden Stelle zur Eocänzeit überhaupt noch vorhanden waren.

Es gibt nämlich ganze Reviere, z. B. die Gegend von *Kandern* bei *Lörrach* (Baden), wo die obern Malmstufen von Anfang an schlecht und wenig mächtig entwickelt waren. Hier

liegen dann die Bohnerzbildungen gewöhnlich im Rauracien, das heisst in einer tiefern Malmstufe und so kennt man auch weiter nördlich (*Dauendorf*) Bohnerzbildungen, die auf Dogger ruhen, in einem Gebiete, wo der Malm überhaupt nie existiert hat. Ob die roten Tone und Erzvorkommnisse in *Hessen*, die auf Devonkalken ruhen, mit der Bohnerzformation des *Elsass*, *Baden* und des *Jura* im Zusammenhang gestanden oder nicht, bleibt noch zu untersuchen. In diesen Gegenden kann man wohl ältern Tonen und eisenreichen Bildungen, z. B. dem Buntsandstein, dem Keuper die Rolle von Hils und Kreide für die Entstehung von Tonlagern zuschreiben. Aus Devonkalken, Muschelkalk, reinen Doggeroolithen und Jurakalk ist es undenkbar, dass grössere Massen von eisenhaltigen Tonen durch Verwitterung und Auslaugung entstehen können. Wir haben dafür auch Beweise. Es gibt Schlote im Jurakalk, die nicht mit Bohnerztonen oder Huppererde, sondern mit einem Auslaugungsrückstand des umhüllenden Gesteins erfüllt sind. Bei

Fig. 3.

**Hupper-Grube mit Süsswasserkalk und Bolus
(Lausen, Baselland).**



a = Schutt; b = Brauner Bolus mit Jaspisknollen und Bohnerzkügelchen; c = Mitteleocäner Süsswasserkalk mit *Planorbis pseudoammonius*; d = Hupper mit sog. Katzenköpfchen; e = Jurakalk.

Liesbergmühle ist eine solche Tasche im weissen kreidigen und fossilreichen Rauracien bekannt und beschrieben worden.*) Der Auslaugungsrückstand des kreidigen Korallenkalks des Rauracien wird hauptsächlich durch die spätigen und weniger löslichen Korallensepten, Seeigelstacheln und Molluskengehäuse gebildet, die ursprünglich und im fossilen Zustand also im Muttergesteine aus reinem Calcit bestehen; dabei kein Quarzsand, kein roter Bolus, die aus dem Rauracien entstanden wären. Der Auslaugungsrückstand des Rauracien und des Jurakalks überhaupt ist ein Kalksand. Freilich kann dieser Rückstand stellenweise auch mit von oben eingedrungenem rotem Bolus oder mit Huppererde verunreinigt worden sein. Dort aber, wo er rein vorkommt, muss man annehmen, dass er aus dem umliegenden Gestein, dessen Fossilien er noch zeigt, direkt entstanden sei.

Einige Malmschichten enthalten allerdings auch viel Ton und Kieselsäure in Form von Feuerstein- und Hornsteinknollen oder einzelne verkieselte Schalen, z. B. die Wettinger- und Nattheiner-Schichten. Die Verwitterung solcher Gesteine mag natürlich auch die Quantität der Bohnerztone vermehrt haben. Die Kieselknollen der Wettingerschichten sind als solche mit ihren fossilen Einschlüssen in einem ausgelaugten Zustand zum Teil in die Bohnerztone, zum Teil in Huppererde übergegangen.*) Dagegen sind diese und ihre quarzigen Bestandteile sicherlich nicht durch Verwitterung von kieselhaltigen Juraschichten hervorgegangen, was aus der Beschaffenheit des Quarzes und speziell des Glassandes mit Sicherheit hervorgeht. Sowohl in *Kandern* am Südwestabhang des *Schwarzwaldes*, als in *Souboz* mitten im *Berner Jura* findet man gröbere Quarzkörner im Hupper, die bis 3 mm Durchmesser haben und dabei so hyalin, rot oder hellrot gefärbt und immer so stark abgerundet sind, dass dieses Material sicherlich einem frühern Sandstein, nicht aber den Juraschichten entstammt; der Glassand besteht ausschliesslich aus Quarzkörnern, welche ihre klastische und detritische Natur nicht verkennen lassen. In *Kandern* und weiter nördlich denkt man in erster Linie an Buntsandstein, und schliesslich ist es auch nicht unmöglich, dass diese grossen Quarzsandmassen denselben Ursprung besitzen, wie die Sande von *Rilly*, *Vierzön* und *Beauchamp* und das Material des *Hohgant*sandsteines, welche alle zur Mitteleocänzeit zusammengeschwemmt wurden. Die Glassande und die Hupper gehören wahrscheinlich auch in die Bartonstufe, wie wir schon früher gesehen haben. Die Bolusarten sind später darüber abgelagert worden, wobei natürlich Sandmassen wieder aufgenommen und damit vermengt werden konnten. Eine mehrseitige Herkunft dieser Sandmassen war zur Tertiärzeit selbstverständlich nicht ausgeschlossen. Wenn man geologische Profile durch die Bohnerzformation aufnimmt, so muss man gestehen, dass dieses Gebilde im Grossen und Ganzen geschichtet ist. Man kann, wie einzelne Schächte des *Delsbergertales* gezeigt haben, folgende allgemeine Schichtenfolge aufstellen. Zu unterst Quarzsand und Hupper in unregelmässigen Massen, meistens in Taschen des Jurakalks. Stellenweise verschwinden die Sandmassen und der bohnerzführende Bolus erfüllt die Spalten der jurassischen Unterlage. Als Schicht kann das Bohnerz sich mit Bolus weit ausbreiten, aber an Mächtigkeit selten 1 m überschreiten. Die Bolusschichten, unten rot, gegen oben gelb, hie und da mit sandigen Beimengungen verunreinigt, können eine Mächtigkeit von 50—100 m besitzen. Zu oberst liegt immer eine Decke von Süsswasserkalk, die sich allmählich aus Bolusschichten differenziert und mit ihnen auch wechsellagern kann. (Z. B. im *Delsbergertal*

*) Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, t. 29, p. 57, 1901.

und am *Südportal* des *Weissensteintunnels*). Eine solche Schichtreihe wird kein sachkundiger Geologe eine Verwitterungsdecke von terra rossa nennen können. Sie ist und bleibt eine Quellen-, auch fluviatile und palustre Ablagerung, welche ihr Material zum Teil auch von auswärts, zum Teil aus unmittelbarer Nähe erhalten hat.

Von der Sedimentierung des Bohnerzkomplexes kann man sich ungefähr folgendes Bild machen. Am Ende der Kreidezeit sind grössere Gebiete im *Jura*, am Südfusse der *Vogesen* und des *Schwarzwaldes* und in *Schwaben* Festland geworden. Die von Norden nach Süden sanft geneigte wenig gefaltete Sedimentsdecke gab zur Bildung von Säuerlingen Anlass, die sämtliche Kreide- und Malmschichten durchdrangen und zum Teil auflösten. Auf diese Weise sind zunächst die Schlöte, Taschen und vielen Kanäle, welche in allen Richtungen die oberen Kalkschichten des *Jura* durchziehen, entstanden. Das Auslaugungsmaterial wurde in den Niederungen, z. B. gegen das Eocänmeer der *Alpen* angehäuft. Verwitterte Schichtenkomplexe blieben an Ort und Stelle bis zur Mitteleocänzeit liegen. Dann erfuhr das Land orogenetische Bewegungen, welche von einer noch nicht ermittelten Richtung, wahrscheinlich von Norden her, fluviatile Absätze, die weissen Sandmassen bedingten. Die Säuerlinge wurden durch die Bewegungen der Unterlage in ihrer Tätigkeit gestört. Viele Taschen und Schlöte wurden mit Quarzsand und Verwitterungsmaterial ausgefüllt. Später erstreckten sich lacustre und palustre Gewässer über das ganze Bohnerzrevier. Diese Gewässer führten Ton- und Eisenverbindungen aus den verwitterten und ausgelaugten Kreidesedimenten herbei. Es ging nun die Bildung von Bohnerzkügelchen vor sich, und die Bolusdecke fing an sich normal abzusetzen. An Ort und Stelle stehengebliebene verwitterte Schichtenkomplexe wurden auch in eine relativ rasch vor sich gehende Sedimentierung einverleibt und schliesslich setzten die ober-eocänen Gewässer am Schluss der Bohnerzformation nur noch Süsswasserkalke ab. Neue Bodenbewegungen führten dann marine Gewässer in die Niederungen und so begann zur Oligocänzeit die Molasse mit dem sog. Meeressand eine neue Periode der Sedimentierung, welche die Bohnerzbildungen verdeckte. Dabei ist aber nicht ausgeschlossen, dass die Säuerlinge zum Teil wenigstens sich längere Zeit über die Bohnerzbildung hinaus haben erhalten können. Als sie allmählich versiegten, füllten sich ihre Schlöte mit Bohnerzton und sogar mit Knochen und Kalkbreccien. Dementsprechend sind auch nicht alle Knochenlager der Bohnerzformation gleich alt. Einige Taschen haben sich früher, andere später gefüllt.*)

Ähnliche Vorgänge muss man sich bei der Bildung des Bauxites und der Phosphoritlager des *Quercy* (*Lot et Garonne*) vorstellen. Hier wurden aber ganze Tierskelette in die roten Tone eingebettet, so dass man die Einwirkung von tötlichen Gasen wie bei den Mofetten und überhaupt kohlenensäurehaltigen Wässern wohl nicht leugnen kann.

Die Bohnerzbildungen am nördlichen und am westlichen Rande des *französischen Centralplateaus* (*Berry* etc.) haben zu grosse Ähnlichkeiten mit denjenigen des *Jura*, als dass man sie nicht in ähnlicher Weise wie die unsrigen erklären könnte; ihre Entstehung wird denn auch in der Tat von *Filhol* und Andern durch die Einwirkung von Säuerlingen erklärt.**) Mit ihnen stehen aber höchst wahrscheinlich die Kaolinlager des

*) Ueber Knochenreste der Bohnerzformation siehe *H. G. Stehlin*: „Eocäne Säugetiere“, 3. Teil; Abhandl. d. Schweiz. pal. Gesellsch., 1905, pag. 584 u. ff.

**) *Annales des sciences géologiques*, 1876. Bulletin de la Société géol. de France, 3^{me} série, vol. 2, pag. 108 et suiv., 1873.

Limousin und *Allier* in Verbindung. Die Zersetzung von reichen Feldspathgesteinen (Porphy, Pegmatit, Granit etc.) hat hier die wertvolle reine Tonsubstanz direkt aus Feldspath erzeugt. Solche Zersetzungsprodukte können aber nur im Urgebirge oder in Eruptivgebieten vorkommen.

Fragen wir schliesslich noch nach den Gründen, warum die Schweiz hinsichtlich ihres Besitztums an geeigneten Rohmaterialien für feuerfeste Produkte und an Edeltonen (Kaolinen) im Vergleich zu vielen andern Ländern, wie Deutschland, Oesterreich, Frankreich, England etc. von der Natur so stiefmütterlich bedacht ist, so liegt der Grund für diese Erscheinung darin, weil unsere Granitmassive alle im Hochgebirge, also ausserhalb der Mineral-Thermalwasserwirkungen liegen. Es ist wohl möglich, dass an unzugänglichen Stellen unter der Molasse und sogar unter der Jura- und Triasformation im *Jura* solche verwitterte Granit- oder Porphy-Massen bestehen. Wir müssen sie aber als unerreichbar betrachten und einfach die Tatsache konstatieren, dass in dieser Hinsicht, wie auch für Kohlenlager, kostbare Erzgänge, unsere Heimat nun einmal kärglicher bedacht wurde, als unsere Nachbarländer. Einzig die Bohnerzformation kommt, wie bereits erwähnt, als Fundstätte für reinere Tone einigermaßen in Betracht, doch in so geringem Umfange, dass diese Vorkommen wirtschaftlich fast bedeutungslos sind.*)

Wenn diese Erkenntnis nun auch gerade keine erfreuliche ist, so stellt uns doch andererseits die Natur nicht minderwertige Reichtümer zur Verfügung; so einmal zahlreiche geschätzte Mineralquellen, gewaltige Wasserkräfte, einen fruchtbaren Pflanzenwuchs, alles Faktoren, welche den Boden auf die Dauer ertragreicher gestalten, als die Mineralschätze allein; aber auch die Naturschönheiten in ihrer Gesamtheit, die so lange nicht gewürdigt wurden, heute aber durch die Fremdenindustrie dem Lande eine neue ergebige Erwerbsquelle eröffnen, bieten dadurch ein schönes Aequivalent für dessen Armut an technisch verwertbaren Mineralien.

Wenn also das Resultat unserer Untersuchungen mehr als ein negatives zu bezeichnen ist, so war es in volkswirtschaftlicher Hinsicht doch von Interesse, einmal festzustellen, wie mit Bezug auf die feuerfesten Materialien die Verhältnisse in unserm Lande tatsächlich liegen. Für die weitere Entwicklung der schweizerischen Tonwarenindustrie im Besondern ist es aber von Wert, zu wissen, ob weitgehende Hoffnungen in genannter Richtung berechtigt und was wir aus unserm Boden zu ziehen im Stande sind und was nicht. Dies zu zeigen war der Zweck unserer Betrachtungen.

*) Bei *Bellinzona (Sementina)* werden seit kurzer Zeit Materialien für die Keramik direkt aus anstehenden Feldspathgesteinen gewonnen. (Anmerkung während des Druckes.)

Untersuchungen

über die

Wirkung des Maukens der Tone

auf ihre

Formbarkeit

von

B. Zschokke,

Privatdozent am Eidg. Polytechnikum und Adjunkt der Schweiz.
Materialprüfungsanstalt.



Die Frage der Plastizität der Tone ist sowohl vom rein wissenschaftlichen wie technischen Standpunkt aus eine der fesselndsten aus dem ganzen weitverzweigten Gebiete der Keramik und beschäftigt heute noch wie seit Jahren unausgesetzt die Forscher wie die Männer der Praxis. Wenn wir an diese, in so Vielem noch der Aufklärung sehr bedürftige Frage herantreten, so müssen wir folgende vier Gesichtspunkte deutlich auseinander halten:

1. Was ist der physikalische Begriff der Plastizität, welches sind ihre äusseren Erscheinungsformen?
2. Wie messen wir die Plastizität?
3. Was sind ihre Ursachen, geologischer, chemischer, physikalischer oder eventuell auch bakteriologischer Natur?
4. Welche Einflüsse erhöhen oder vermindern die Plastizität?

Ueber die ersten drei Punkte, und namentlich über Punkt 1 und 2 sind von dem Verfasser dieser Abhandlung vor einigen Jahren sehr einlässliche Untersuchungen vorgenommen worden¹⁾, die hinsichtlich der Klarstellung des Begriffs der Plastizität und ihrer Messung zu befriedigenden Resultaten geführt haben. Dagegen haben die Untersuchungen über ihre Ursachen noch sehr wenig sichere Anhaltspunkte ergeben. Mittlerweile sind über diesen Gegenstand sowohl, wie die Umstände, welche die Plastizität eines Tones erhöhen, bzw. vermindern, wieder einige sehr interessante Veröffentlichungen erschienen.²⁾

Besondere Beachtung verdienen die theoretischen Betrachtungen von *Wolf* über die Ursachen der Bildsamkeit, die dieser Forscher unter der Annahme einer kugelförmigen Gestalt der Tonpartikelchen, und auf Grund des *Newton'schen* Gravitationsgesetzes sich durch das besonders günstige Verhältnis zwischen der Molecularattraktion der Tonpartikelchen untereinander, und der von Tonsubstanz zu Wasser erklärt, während dieses Verhältnis für die Mehrzahl der den Tönen beigemengten mineralischen Verunreinigungen wie z. B. für Quarz, Eisenoxyd und Schwefelkies wesentlich ungünstiger ist.

¹⁾ *B. Zschokke* „Recherches sur la plasticité des argiles“, Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, Paris, Novembre 1902, sowie „Untersuchungen über die Plastizität der Tone“. Baumaterialienkunde No. 24, 25 und 26, Jahrgang 1902, und Nr. 1, 2, 3/4, 5 und 6, Jahrgang 1903.

²⁾ Ueber die Bildung und Plastizität der Tone von *Dr. B. Kosmann*, Tonindustriezeitung 1902, pag. 660.

„Ueber Sümpfen und Mauken des Tons für bessere Ziegelfabrikate.“ Vortrag gehalten in der 39. Hauptversammlung des deutschen Vereins für Ton, Zement und Kalkindustrie von *O. Bock*, und *Dr. Vogtherr*, Tonindustriezeitung 1903, pag. 706 und 747.

„Die Bildsamkeit der Tone“, von *Lorenz Wolf*. „Tonindustriezeitung“ 1906, pag. 574.

Kosmann vertritt in seinen Studien dagegen den rein chemischen Standpunkt und schreibt die zunehmende Bildsamkeit der Tone beim Mauken einer weiter fortschreitenden Hydratisierung der Tonsubstanz zu, durch welche aus dem ursprünglichen Hydrat von der bekannten Zusammensetzung $\text{Al}_2 \text{O}_3, 2 \text{Si O}_2, 2 \text{H}_2 \text{O}$ (Molekulargewicht 259) sich zunächst unter Aufnahme von zwei Molekülen Wasser das Hydrat $\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_3 (\text{O H}_8)$ (Molekulargewicht 295) und aus diesem unter Aufnahme von zwei weiteren Molekülen Wasser schliesslich das Hydrat $\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O} (\text{O H})_{12}$ (Molekulargewicht = 331) bilden soll. Da mit der fortschreitenden Wasseraufnahme das Molekulargewicht wächst, so erklärt sich *Kosmann* aus diesem Umstand z. B. das Aufblähen und Aufquellen der Tonsubstanz, wie es in der Tat bisweilen in Schiefertongruben beobachtet wird, wo durch Berührung der frisch abgebauten Stellen mit der Feuchtigkeit der Luft, die bekannten Blähungs- und Druckerscheinungen im Gestein auftreten.

Mag auch diese Anschauung vieles für sich haben, so ist der Nachweis für die Existenz der oben erwähnten höhern Hydrate der Tonsubstanz noch nicht erbracht und selbst wenn er erbracht wäre, so wäre damit immer noch nicht erwiesen, dass die Plastizität der Bildung dieser wasserreichern Hydrate zuzuschreiben ist.

Die Herren *Bock* und *Vogtherr* schlagen zur Erklärung der Plastizität wieder einen andern Weg ein und führen sie auf die Wirkung von Bakterien oder deren Absonderungsprodukte zurück, die den Tonpartikelchen eine gewisse Gleitbarkeit und Klebrigkeit erteilen sollen. Dass beim Mauken von Tonen in der Tat grosse Mengen von Bakterien entstehen, ist durch genannte Forscher auf Grund planmässiger wissenschaftlicher Versuche auch nachgewiesen worden, kann aber eigentlich in Anbetracht des Umstandes, dass die meisten Tone mehr oder minder grosse Mengen verfaulte organische Substanzen beigemischt enthalten, nicht sonderlich verwundern. Das Hauptargument, auf das jedoch *Bock* seine Ansicht stützt, ist die von ihm an mehreren Beispielen der Praxis beobachtete Tatsache, dass Tone, die nach dem üblichen Einmauken ein hochplastisches Material ergaben, das im lufttrockenen Zustand beträchtliche Kohäsion aufwies, bedeutend an Plastizität und Zusammenhang verloren, sobald sie vor dem Einsümpfen längere Zeit auf über 100° , also auf Temperaturen erhitzt wurden, bei welchen Bakterien abgetötet werden.

Bock erwähnt auch eines Versuchs mit vier Proben ein und desselben Tonmaterials, von denen No. 1 drei Jahre, No. 2 6 Monate eingesümpft war, während No. 3 frisch der Grube entnommen und No. 4 in Form von Bruchstücken von lufttrockenen Falzziegeln in einer Trockenanlage längere Zeit einer Temperatur von 190° ausgesetzt gewesen war. Aus den Proben 1—3 wurden nach einigen Wochen schöne Kulturen von Bakterien gewonnen, in der vierten Probe war keine Spur von Bakterien vorhanden.

Etwas überraschendes können auch diese Versuche nicht bieten, so lange nicht Hand in Hand damit einwandfreie, ziffermässige Versuche über den Plastizitätsgrad des betreffenden Materials in den drei verschiedenen Stadien des Maukens gemacht werden und derartige Belege sind auch von Hrn. *Bock* nicht erbracht worden. Mit Recht bemerkte auch in der an die Vorträge von Herren *Bock* und Dr. *Vogtherr* sich anschliessenden Diskussion Dr. *Hecht*, dass gewisse Tone, wie die Kaoline, beim Mauken, trotz der Anwesenheit von Bakterien nie oder nur in sehr geringem Mass in den plastischen

Zustand übergeführt werden können, und dass auch die vielfach verbreitete Meinung über jahrelanges Einsumpfen der Porzellanmassen durch die Chinesen und die dadurch erzielte Verbesserung der Bildsamkeit stark übertrieben sei. Durch zahlreiche eigene Beobachtungen in europäischen Porzellanfabriken konstatierte er, dass in vielen Fabriken überhaupt nicht mehr gemaukt wurde und in der Kgl. Porzellanmanufaktur in Berlin z. B. dies in der Regel nur während einiger Wochen geschehe.

Wenn also auch oben erwähnte Studien und Vorträge mit Ausnahme vielleicht der *Lorenz'schen* Abhandlung keine wesentlich neuen Gesichtspunkte boten und namentlich nicht durch wissenschaftliche Beweise gestützt waren, so verdienen sie doch durch die Anregung, die sie bieten, Beachtung, und da die ganze Frage nicht nur theoretisch sehr interessant, sondern auch für die Praxis der Tonindustrie von allergrösster Wichtigkeit ist, schien es uns angezeigt, ihr wissenschaftlich etwas näher zu treten.

Wir haben uns daher die Aufgabe gestellt, in erster Linie einmal die Wirkung eines kürzeren oder längern Einmaukens auf eine Anzahl Tone eingehender zu prüfen und diese Wirkung durch ziffernmässige Messung des Plastizitätsgrades des formgerechten Materials im Zusammenhang mit den Schwindungs- und Kohäsionsverhältnissen des luft-trockenen Materials festzustellen. In zweiter Linie schwebt uns vor, im Sinne der von *Bock* gemachten Wahrnehmungen aus der Praxis, durch analoge Untersuchungen oben- genannter Art am selben Material die Wirkung der Trocknung des grubenfeuchten Materials bei verschiedenen Temperaturgraden auf dessen Formbarkeit bei der nachfolgenden nassen Verarbeitung zu prüfen und gleichzeitig nähere Untersuchungen über die Entweichung des Hydratwassers der Tonsubstanz bei verschiedenen Temperaturen anzustellen.

Die Resultate des ersten Teils der Untersuchung sind im Nachfolgenden zusammengestellt.

Es wurden dazu folgende vier Tone verwendet:

No. I (A). Aus der Mech. Ziegelei A.-G. in Allschwil bei Basel ein sich rotbrennender Zieglerton von magerer Beschaffenheit. Resultate der kombinierten chemisch-mechanischen Analyse:

| | |
|--|---------|
| Quarzsand und unverwittertes Muttergestein | 71,68 % |
| Carbonate von Kalk und Magnesia, Eisen, Gips | 10,82 % |
| Tonsubstanz | 17,45 % |

No. II (Y). Ein fetter sich orangefarbig brennender Ziegelton von der Briqueterie mécanique d'Yverdon von folgender Zusammensetzung:

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Si O ₂ | = 45,72 % |
| Al ₂ O ₃ | = 16,73 % |
| Fe ₂ O ₃ | = 5,11 % |
| Ca SO ₄ | = 0,71 % |
| Ca CO ₃ | = 19,10 % |
| Mg CO ₃ | = 2,38 % |
| Mg O | = 3,48 % |
| Wasser u. Bitumen | = 4,65 % |
| Alkalien | = 2,12 % |

No. III (S). Ein sehr fetter feuerfester Edelson aus dem Tonwerk Schippach bei Klingenberg a. M., nach Angaben des Werks von folgender Zusammensetzung:

| | |
|---------|--------------------------------|
| 49,00 % | Kieselsäure |
| 32,62 % | Tonerde |
| 1,58 % | Eisenoxyd |
| 0,52 % | Kalk |
| 0,73 % | Alkalien und organische Stoffe |

No. IV (B). Ein stark kalkhaltiger, sich stumpfockerfarbig brennender Ziegler-ton aus der Mechanischen Backsteinfabrik Zürich mit etwa:

| | |
|------|--------------------------------|
| 40 % | Si O ₂ |
| 15 % | Al ₂ O ₃ |
| 4 % | Fe ₂ O ₃ |
| 30 % | Ca CO ₃ |

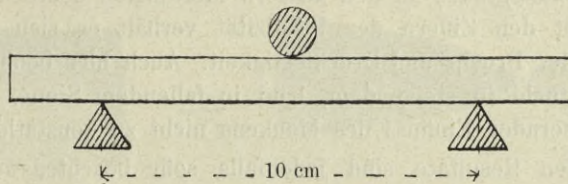
Sämtliche Proben, zu je etwa 300 kg, wurden uns von den betreffenden Werken in bereitwilligster Weise und kostenlos zur Verfügung gestellt und es sei ihnen darum auch noch an dieser Stelle der wärmste Dank dafür ausgesprochen.

Das gesamte Material, das uns im frischen grubenfeuchten Zustand eingeliefert worden, wurde zunächst bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft vollkommen getrocknet, ein Teil davon in einer Kugelmühle gründlich zerkleinert und das Mahlgut durch das 144-Maschensieb abgeseibt. Das Siebgut wurde in geräumige Kisten aus Zinkblech gebracht, mit Wasser übergossen und gehörig durchgeknetet. Die erste Partie eines jeden Tons wurde jeweilen 24 Stunden nach dem Anmachen mit Wasser verarbeitet, die zweite Partie vor dem Verarbeiten einem viermonatlichen Maukprozess, die dritte Partie einem solchen von einjähriger Dauer unterworfen. Die Partien 2 und 3 wurden jeweilen mit soviel Wasser angemacht, dass ein ziemlich dünnflüssiger Brei entstand, der jeden Monat einmal von Hand gehörig durchgeknetet wurde; war das Material zufolge Verdunstung von Wasser zu sehr eingedickt, wurde wieder Wasser zugegeben. Die mit feuchten Tüchern bedeckten Kisten wurden in den Kellerräumen der Materialprüfungsanstalt aufbewahrt. Gegen den Schluss des Maukprozesses wurde das Material durch Ausbreiten an der Luft allmähig bis auf die ungefähre Normalkonsistenz eingedickt, hierauf an einer kleinen Probe nach dem Handkugelfverfahren die genaue Normalkonsistenz mit dem zugehörigen Wassergehalt ermittelt, darnach der Wassergehalt der ganzen Masse reguliert und das Material durch dreimaliges Durchtreiben durch den Tonschneider homogenisiert, hierauf eine Weile sich selbst überlassen. Hierauf wurden am Tonschneider zunächst die cylinderförmigen Probekörper für die Plastizitätsversuche erzeugt und sofort erprobt, schliesslich die flachen Probeziegel für die Bestimmung der Trockenschwindung und Biegefestigkeit, sowie die würfelförmigen Probekörper für die Ermittlung der Druckfestigkeit des lufttrockenen Materials erzeugt.

Hinsichtlich der zur Verwendung gelangten Methode für die Ermittlung der Plastizität durch den Zerreißversuch am formgerechten Material und der dazu nötigen Apparate sei auf die Seite 201 erwähnte Abhandlung des Verfassers verwiesen, welche den Gegenstand einlässlich behandelt. Hier wie dort wurde der Zerreißversuch unter ruckartiger Beanspruchung bei einer freien Messlänge von 5 cm an cylindrischen Probekörpern von 5 cm² Querschnitt ausgeführt und die Zugfestigkeit in kg/cm² (β), die Ver-

längerung in % (λ) und der Plastizitätscoefficient ($\beta\lambda$) protokolliert. Zur Ermittlung der Trockenschwindung und der Bruchfestigkeit des lufttrockenen Materials wurde am Tonschneider ein Strang von 40×12 mm Querschnitt erzeugt, davon Probekörper von 15 cm Länge abgeschnitten und auf diese mittelst einer Lehre 2 Marken im Abstand von 10 cm eingeschnitten. Zur Gewinnung der Probekörper der Druckfähigkeit wurde am Tonschneider ein Strang von 5×5 cm Querschnitt erzeugt und davon würfelförmige Probekörper abgeschnitten.

Die Probekörper sowohl der Bruch- wie der Druckfestigkeit wurden zunächst einige Tage in den Kellerräumlichkeiten der Anstalt, hierauf im Laboratorium bei gewöhnlicher Temperatur und schliesslich im Trockenschrank während 24 Stunden bei 110° getrocknet, dann 3 Wochen lang in einem Saal von 17° C. mittlerer Temperatur aufbewahrt. An den Probekörpern der Bruchfestigkeit wurde zunächst die Trockenschwindung gemessen, dann auf dem für diesen Zweck besonders hergerichteten bekannten *Michaelis*'schen Zerreißapparat für Cemente deren Bruchfestigkeit bei einer Freilage von 10 cm ermittelt.



An den Probekörpern der Druckfestigkeit wurden vor dem Versuch die beiden Druckflächen glatt und vollkommen parallel zu einander abgerichtet und bei den Tonen, wo sie zufolge starker Schwindung kein Quadrat mehr bildeten, deren Inhalt mit dem *Amsler*'schen Planimeter ermittelt, um eine genaue Ermittlung der Druckfestigkeit pro cm^2 zu ermöglichen. Die Druckversuche wurden in der üblichen Weise auf der *Amsler*'schen 30 Tons-Pressen vorgenommen.

Die gesamten Versuchsergebnisse sind in beiliegenden Tabellen (Seite 208—214) übersichtlich zusammengestellt.

Betrachten wir das in den Tabellen I—III, beziehungsweise in der Rekapitulation (Tabelle IV) zusammengestellte Zahlenmaterial, so kommen wir zu folgendem Resultat:

Die entsprechenden Zahlen der drei Versuchsreihen eines jeden Tones und zwar sowohl die Plastizitätsziffern, wie auch die der übrigen Bestimmungen, die mit der Plastizität in einem gewissen Zusammenhang stehen, wie z. B. der Wassergehalt des normal-konsistenten Materials, die Trockenschwindung, die Bruch- und Druckfestigkeit, zeigen als charakteristisches Merkmal zum Teil eine fast völlige Übereinstimmung, zum Teil Schwankungen, die nur unbedeutend sind und keine Gesetzmässigkeit verraten. Wo solche Schwankungen vorkommen, dürften sie vielmehr auf kleinere Unregelmässigkeiten bei der Herstellung der betreffenden Probekörper zurückzuführen sein, Unregelmässigkeiten, die in der Natur der Sache liegen und nicht zu vermeiden sind. So ist es z. B. nicht möglich, während der ganzen Manipulation der Herstellung der Proben in der Masse durchwegs den durch den Handkugelversuch bestimmten Feuchtigkeitsgehalt konstant zu erhalten; es ist ferner, selbst bei Beobachtung der grössten Vorsicht, nicht durchführbar,

dass die Probekörper bei der Formgebung durch den Tonschneider alle genau dieselbe Verdichtung erleiden, weil Zufluss und Abfluss des Materials im Tonschneider nicht mathematisch genau geregelt werden können. Eine Zunahme der Bildsamkeit beobachteten wir bloss bei Material A, bei welchem der Plastizitätskoeffizient von 0,42 auf 8,8 stieg; doch muss bei den gewaltigen Unterschieden, die man ganz allgemein für die Plastizitätskoeffizienten bei verschiedenen Tonen findet (diese schwankten z. B. bei den zahlreichen Ton-Untersuchungen für die Schweiz. Geotechnische Kommission von 0—182), obige Steigerung als eine sehr bescheidene bezeichnet werden. Bei den andern drei Materialien zeigten die Plastizitätskoeffizienten der Versuchsserien II und III gegenüber denjenigen der Versuchsreihe I sogar eine kleine Abnahme, die aber wohl ebenfalls mehr zufälliger Natur sein dürfte.

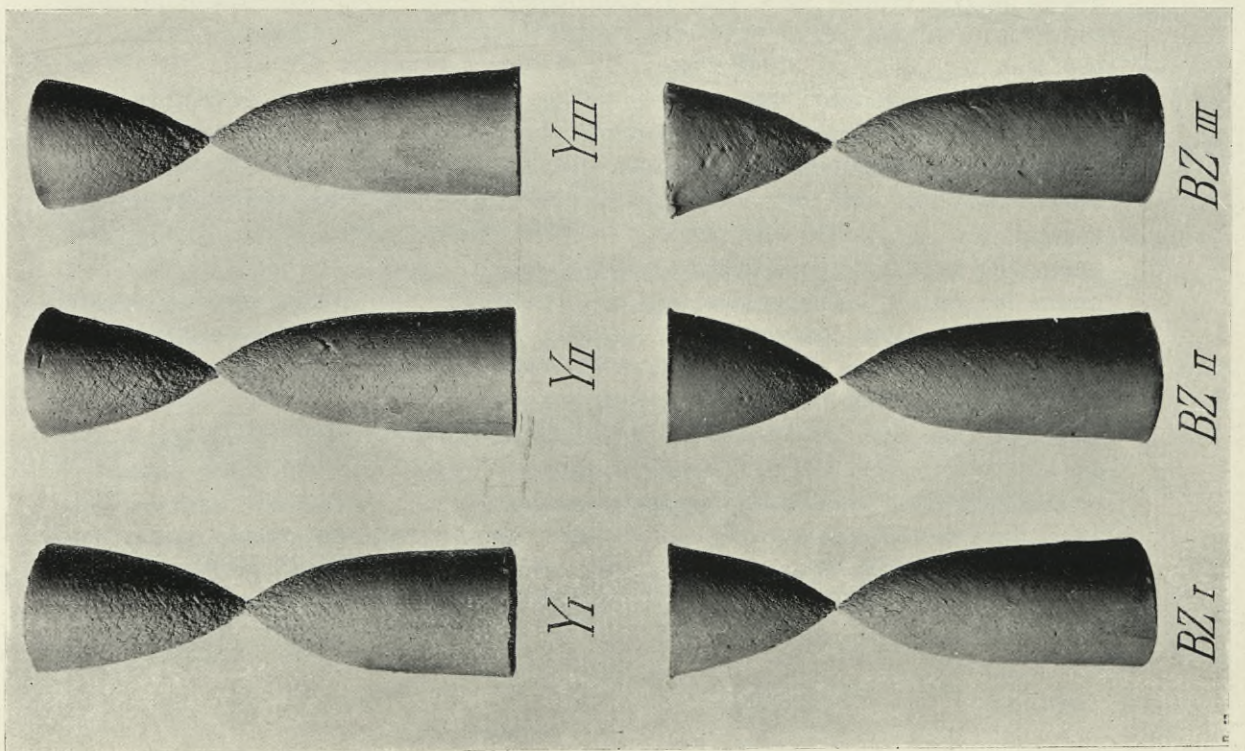
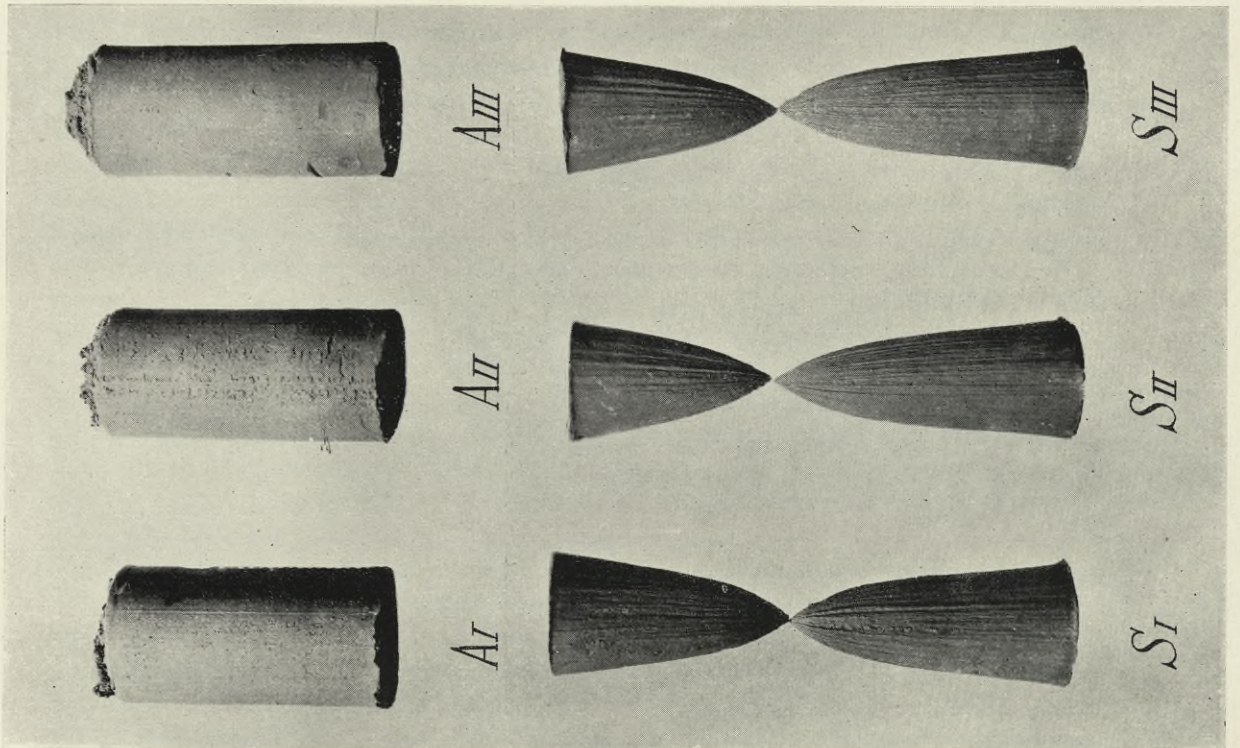
Alles in Allem kann also bei unsern Versuchen von einer durch längeres Mauken gesteigerten Plastizität nicht die Rede sein. Auch die auf Tafel V reproduzierten Photographien der Bruchstücke der Plastizitätsproben, ausgeführt an den vier Versuchsmaterialien in den drei verschiedenen Stadien des Maukens, lassen diese Gleichmässigkeit des Plastizitätsgrades an den äussern Merkmalen deutlich erkennen.

Ähnlich wie mit den Ziffern der Plastizität verhält es sich mit denjenigen der Trockenschwindung, der Bruch- und Druckfestigkeit. Auch hier beobachtet man kleinere Unregelmässigkeiten, bald in steigendem, bald in fallendem Sinne. Auf jeden Fall ist auch hier ein verbessernder Einfluss des Maukens nicht zu konstatieren.

Die vorstehenden Resultate sind jedenfalls sehr beachtenswert, da sie in die bisher sich so widersprechenden Anschauungen über den Wert und die Wirkung des Sumpfens oder Maukens einige Aufklärung bringen dürften. Sie rufen auch naturgemäss sofort nach Beantwortung der Frage: „Ist nun auch in der Praxis das Mauken der Tone als eine unnütze und überflüssige Operation zu betrachten und daher wegzulassen?“ Trotz den Resultaten unserer Untersuchungen glauben wir diese Frage nicht ohne jede Einschränkung mit Ja beantworten zu können und zwar aus folgenden Gründen: Bei unsern Laboratoriumsversuchen hat das Material, wie bereits erwähnt und was von höchster Wichtigkeit ist, eine ganz besondere und sehr sorgfältige Aufbereitung erfahren. Es ist zuerst an der Luft getrocknet, sodann zur Staubfeinheit gemahlen und mit einem Überschuss von Wasser angemacht worden. Auf diesem Wege ist es aber möglich, innert verhältnismässig sehr kurzer Zeit aus Ton und Wasser ein völlig homogenes Gemenge herzustellen, in welchem jedes Tonpartikelchen mit der ihm zukommenden Wassermenge gesättigt ist, ganz einerlei, ob dieses Wasser in dem Tonteilchen als Hydratwasser chemisch gebunden wird, oder mit ihm eine sogenannte colloidale Lösung eingeht, oder sonstwie durch besonders starke, rein physikalische Attraktion festgehalten werde.

Ist in einer Tonmasse aber die völlige Sättigung eines jeden Tonteilchens mit Wasser erreicht, so ist klar, dass sie dann auch die maximale Plastizität, deren sie ihrer Zusammensetzung nach überhaupt fähig ist, erreicht hat und ein weiterer längerer Kontakt des Tones mit Wasser vor seiner Verarbeitung keinen Sinn mehr hat, sofern man nicht etwa an die Eingangs dieser Abhandlung erwähnte Bakterientheorie denkt, deren Wirkung auf die Bildsamkeit aber bei unsern Versuchen ganz versagt hat, obwohl unsere vier Versuchstone alle organische Substanz enthielten.

Wesentlich anders als bei unsern Laboratoriumsversuchen liegen nun aber, wenn



auch nicht immer, die Verhältnisse in der Praxis und besonders da, wo es sich nicht um die Verarbeitung von hochwertigem Edertonen handelt. Meist wird das frisch aus der Grube kommende Material mit seinem natürlichen Feuchtigkeitsgehalt, oft aber auch unter Zusatz von etwas Wasser auf Kollergängen, Walzwerken u. dgl. zerkleinert, homogenisiert und sofort verformt. Da nun aber selbst bei den Feinwalzwerken der Walzenabstand noch 3—4 mm beträgt, anderseits nach vielfachen, auch hier vorgenommenen Messungen die Tonpartikelchen Durchmesser besitzen, die sich zwischen $\frac{1}{1000}$ und $\frac{1}{10000}$ mm bewegen, so ist einleuchtend, dass durch solche rein mechanische Prozeduren ein völliges Auflockern und Verschieben der einzelnen Tonpartikelchen, durch welche sie in innigen Kontakt mit zugesetztem Mischwasser kommen sollen, nicht erreichbar ist. Dazu kommt aber noch der bekannte weitere Übelstand, dass ein Klumpen fetten Tones von wesentlich geringerm Wassergehalt als seiner Normkonsistenz entspricht, mit Wasser übergossen, der Zerteilung durch dieses Wasser und Mischung mit demselben einen hartnäckigen Widerstand entgegengesetzt, der ja so gross ist, dass man Tone in dieser steifen Konsistenz geradezu als wasserdichtes Material benutzt, wie z. B. als Füllmaterial von Spuntwänden im Wasserbau u. dgl.

Angesichts dieser Umstände wird es begreiflich, dass durch eine bloss mechanische Aufbereitung eines Tonmaterials nach oben geschilderter Art und sofortige Verformung desselben eine Masse entsteht, die in der Mehrzahl der Fälle auf die wissenschaftliche Bezeichnung „homogen“ keinen Anspruch machen kann und dass eine solche Masse jedenfalls nicht ihren maximalen Plastizitätsgrad besitzt, den sie theoretisch entfalten könnte. Eine völlige Homogenisierung ist aus den geschilderten Gründen auf blosser mechanischem Wege überhaupt nicht möglich, sondern nur unter Zuhilfenahme anderer natürlicher Mittel erreichbar und dieses Mittel besteht eben in mehr oder weniger langem Lagern der feuchten Tonmasse. Durch Capillarität wird beim Lagern feuchter Tonmassen das Wasser allmählich gleichmässig sich in der ganzen Masse verteilen; zur Ausübung dieser ausgleichenden Tätigkeit bedarf es aber Zeit und zwar umso mehr, je fetter und zäher der betreffende Ton ist und umso unvollständiger die vorangängige mechanische Homogenisierung war. Unter diesen und nur unter diesen Gesichtspunkten hat ein Einmauken des Tones zweifellos seine Berechtigung, doch muss man sich über dessen Wirkung durch zielbewusste Versuche Klarheit zu verschaffen suchen, um die Maukzeit nicht unnützer Weise zu verlängern. Wo es aber die Verhältnisse gestatten, kann ein längeres Mauken ganz gut durch eine entsprechende Aufbereitungsmethode, wie sie bei unsern Laboratoriumsversuchen zur Anwendung gelangte, ersetzt werden, welche dieselbe Wirkung ausübt und rascher zum Ziele führt. Dass dies tatsächlich auch geschieht und auf diesem Wege auch in der Praxis tadellose Ware erzielt werden kann, beweisen unter anderm auch die von Hrn. *Francke-Magdeburg* in der bereits auf Seite 202 erwähnten Diskussion gemachten Mitteilungen, wonach zur Herstellung der Schmelztiegel für die Gußstahlwerke Westfahlens die verschiedenen tonigen Bestandteile, sowie Steinkohlenscocks und Chamotte erst getrocknet, dann gemahlen und schliesslich nass vermischt und zu Tiegeln verformt werden, also dieselbe Prozedur durchmachen, wie es bei unsern Laboratoriumsversuchen der Fall war.

1. Plastizitätsversuche am

| Bezeichnung des Tones | Nach 24-stündigem Mauken: | | | Nach 4-monat- | | | |
|-----------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|--|
| | Zugfestigkeit (β) des formgerechten Materials kg/cm ² | Verlängerung (λ) in % | Plastizitätscoefficient ($\beta\lambda$) | Wassergehalt | Zugfestigkeit (β) des formgerechten Materials kg/cm ² | Verlängerung (λ) in % | Plastizitätscoefficient ($\beta\lambda$) |
| A | 0,11 | 3,0 | | Nach Handkugelversuch: | 0,16 | 6,0 | |
| | 0,12 | 3,0 | | 1. Best. 19,47% { Mittel 19,54% | 0,12 | 4,0 | |
| | 0,11 | 3,0 | | 2. " 19,62% { | 0,21 | 6,0 | |
| | 0,10 | 4,0 | | Beim Verarbeiten: | 0,17 | 4,0 | |
| | 0,10 | 5,0 | | 1. Best. 20,10% { Mittel 19,86% | 0,16 | 10,0 | |
| | 0,11 | 5,0 | | 2. " 19,69% { | 0,14 | 6,0 | |
| Mittel | 0,11 | 3,8 | 0,42 | Mittel | 0,16 | 6,0 | 0,96 |
| Y | 1,72 | 90,0 | | Nach Handkugelversuch: | 1,68 | 91,0 | |
| | 1,67 | 92,0 | | 1. Best. 19,7% { Mittel 19,85% | 1,71 | 91,0 | |
| | 1,68 | 96,0 | | 2. " 20,0% { | 1,71 | 92,0 | |
| | 1,70 | 92,0 | | Beim Verarbeiten: | 1,79 | 92,0 | |
| | 1,80 | 90,0 | | 1. Best. 19,68% { Mittel 19,65% | 1,78 | 94,0 | |
| | 1,72 | 94,0 | | 2. " 19,62% { | 1,78 | 92,0 | |
| Mittel | 1,72 | 92,4 | 159,0 | Mittel | 1,74 | 92,0 | 160,0 |
| S | 1,73 | 92,0 | | Nach Handkugelversuch: | 1,51 | 100,0 | |
| | 1,73 | 93,0 | | 1. Best. 25,15% { Mittel 25,22% | 1,57 | 92,0 | |
| | 1,77 | 96,0 | | 2. " 25,30% { | 1,53 | 94,0 | |
| | 1,77 | 91,0 | | Beim Verarbeiten: | 1,57 | 94,0 | |
| | 1,77 | 94,0 | | 1. Best. 24,64% { Mittel 24,43% | 1,56 | 93,0 | |
| | 1,77 | 95,0 | | 2. " 24,22% { | 1,50 | 96,0 | |
| Mittel | 1,76 | 93,5 | 164,0 | Mittel | 1,54 | 94,8 | 146,0 |
| B | 1,43 | 90,0 | | Nach Handkugelverfahren: | 1,44 | 85,0 | |
| | 1,34 | 90,0 | | 1. Best. 20,20% { Mittel 20,10% | 1,43 | 82,0 | |
| | 1,45 | 92,0 | | 2. " 20,00% { | 1,54 | 80,0 | |
| | 1,32 | 94,0 | | Beim Verarbeiten: | 1,39 | 83,0 | |
| | 1,46 | 92,0 | | 1. Best. 20,19% { Mittel 19,93% | 1,44 | 84,0 | |
| | 1,39 | 90,0 | | 2. " 19,68% { | 1,46 | 84,0 | |
| Mittel | 1,40 | 91,3 | 120,0 | Mittel | 1,45 | 83,0 | 120,0 |

Tabelle I.

formgerechten Material.

| lichem Mauken: | Nach 1-jährigem Mauken: | | | | |
|------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|
| | Wassergehalt | Zugfestigkeit (β) des formgerechten Materials kg/cm ² | Verlängerung (λ) in % | Plastizitätscoefficient ($\beta\lambda$) | Wassergehalt |
| Nach Handkugelversuch: | | 0,74 | 16,0 | | Nach Handkugelversuch: |
| | 1. Best. 19,92% { Mittel 19,68% | 0,47 | 20,0 | | 1. Best. 20,36% { Mittel 20,38% |
| | 2. " 19,45% { | 0,43 | 14,0 | | 2. " 20,40% { |
| | Beim Verarbeiten: | 0,46 | 14,0 | | Beim Verarbeiten: |
| | 1. Best. 19,75% { Mittel 19,79% | 0,52 | 20,0 | | 20,53% |
| | 2. " 19,82% { | 0,42 | 20,0 | | |
| Mittel | 0,51 | 17,3 | 8,8 | | |
| Nach Handkugelversuch: | | 1,70 | 92,0 | | Nach Handkugelversuch: |
| | 1. Best. 21,01% { Mittel 20,76% | 1,60 | 90,0 | | 1. Best. 20,94% { Mittel 20,88% |
| | 2. " 20,51% { | 1,58 | 90,0 | | 2. " 20,83% { |
| | Beim Verarbeiten: | 1,59 | 93,0 | | Beim Verarbeiten: |
| | 1. Best. 20,80% { Mittel 20,74% | 1,54 | 96,0 | | 1. Best. 20,75% { Mittel 20,73% |
| | 2. " 20,68% { | 1,55 | 92,0 | | 2. " 20,70% { |
| Mittel | 1,59 | 92,2 | 147,0 | | |
| Nach Handkugelversuch: | | 1,34 | 99,0 | | Nach Handkugelversuch: |
| | 1. Best. 26,14% { Mittel 26,12% | 1,39 | 100,0 | | 1. Best. 26,51% { Mittel 26,28% |
| | 2. " 26,10% { | 1,43 | 96,0 | | 2. " 26,05% { |
| | Beim Verarbeiten: | 1,99 | 98,0 | | Beim Verarbeiten: |
| | 1. Best. 26,56% { Mittel 26,48% | 1,46 | 102,0 | | 1. Best. 26,12% { Mittel 25,86% |
| | 2. " 26,40% { | 1,42 | 102,0 | | 2. " 25,60% { |
| Mittel | 1,40 | 99,5 | 139,0 | | |
| Nach Handkugelversuch: | | 1,24 | 84,0 | | Nach Handkugelversuch: |
| | 1. Best. 21,07% { Mittel 20,98% | 1,16 | 86,0 | | 1. Best. 21,23% { Mittel 21,26% |
| | 2. " 20,90% { | 1,21 | 82,0 | | 2. " 21,30% { |
| | Beim Verarbeiten: | 1,17 | 84,0 | | Beim Verarbeiten: |
| | 1. Best. 21,14% { Mittel 21,14% | 1,15 | 80,0 | | 1. Best. 21,24% { Mittel 21,16% |
| | 2. " 21,14% { | 1,16 | 86,0 | | 2. " 21,08% { |
| Mittel | 1,18 | 83,6 | 99,0 | | |

2. Resultate der Bruchfestigkeit und

| Nach 24-stündigem Mauken | | | | Nach 4-monatlichem Mauken | | | | Nach 1-jährigem Mauken | | | |
|--------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| No der Probe | Bruchfestigkeit | | Schwind- ung in ‰ | No der Probe | Bruchfestigkeit | | Schwind- ung in ‰ | No der Probe | Bruchfestigkeit | | Schwind- ung in ‰ |
| | absolut | in kg/cm ² | | | absolut | in kg/cm ² | | | absolut | in kg/cm ² | |
| A | | | | | | | | | | | |
| 1 | 16,0 | 37,1 | 5,5 | 1 | 13,0 | 25,7 | 5,2 | 1 | 13,0 | 31,5 | 7,8 |
| 2 | 17,0 | 37,9 | 4,8 | 2 | 14,0 | 30,1 | 5,6 | 2 | 14,7 | 33,0 | 5,9 |
| 3 | 15,0 | 35,1 | 5,2 | 3 | 12,5 | 28,6 | 6,7 | 3 | 14,0 | 30,0 | 5,6 |
| 4 | 16,0 | 36,9 | 5,5 | 4 | 14,2 | 31,5 | 5,1 | 4 | 14,0 | 31,4 | 6,0 |
| 5 | 15,0 | 35,2 | 5,6 | 5 | 15,5 | 32,8 | 5,5 | 5 | 15,0 | 33,6 | 6,1 |
| 6 | 15,0 | 35,9 | 6,2 | 6 | 15,2 | 33,0 | 5,2 | 6 | 14,5 | 32,5 | 5,8 |
| 7 | 16,5 | 38,6 | 5,2 | 7 | 15,1 | 32,9 | 5,2 | 7 | 15,0 | 33,1 | 6,0 |
| 8 | 16,5 | 38,0 | 5,3 | 8 | 14,2 | 31,5 | 5,1 | 8 | 15,0 | 33,1 | 5,9 |
| 9 | 16,5 | 38,0 | 5,2 | 9 | 16,0 | 33,9 | 5,8 | 9 | 15,5 | 33,2 | 5,7 |
| 10 | 16,0 | 36,0 | 5,2 | 10 | 15,6 | 33,6 | 4,8 | 10 | 15,0 | 35,2 | 7,2 |
| 11 | 17,0 | 39,8 | 5,0 | 11 | 15,0 | 31,3 | 4,3 | 11 | 14,5 | 33,5 | 5,9 |
| 12 | 15,5 | 34,6 | 5,2 | 12 | 14,2 | 29,5 | 4,7 | 12 | 14,0 | 31,4 | 6,1 |
| Mittel | 16,0 | 36,9 | 5,3 | Mittel | 14,5 | 31,2 | 5,3 | Mittel | 14,5 | 32,6 | 6,2 |
| J | | | | | | | | | | | |
| 1 | 17,0 | 42,8 | 6,2 | 1 | 15,5 | 39,5 | 5,7 | 1 | 15,5 | 38,8 | 6,8 |
| 2 | 17,5 | 44,0 | 6,0 | 2 | 16,0 | 40,2 | 6,0 | 2 | 18,0 | 45,0 | 5,4 |
| 3 | 20,0 | 50,3 | 6,1 | 3 | 15,2 | 37,9 | 6,0 | 3 | 15,0 | 38,2 | 5,5 |
| 4 | 19,5 | 49,8 | 6,0 | 4 | 17,0 | 43,4 | 5,8 | 4 | 16,5 | 42,0 | 5,4 |
| 5 | 19,0 | 47,5 | 6,1 | 5 | 17,1 | 42,8 | 5,9 | 5 | 16,0 | 40,1 | 5,0 |
| 6 | 19,0 | 47,8 | 6,0 | 6 | 17,0 | 43,4 | 5,9 | 6 | 15,0 | 37,6 | 5,7 |
| 7 | 18,0 | 46,0 | 6,1 | 7 | 18,0 | 46,0 | 5,8 | 7 | 15,0 | 38,2 | 5,3 |
| 8 | 18,5 | 47,2 | 6,0 | 8 | 16,2 | 40,7 | 6,0 | 8 | 16,0 | 40,1 | 5,2 |
| 9 | 18,0 | 46,0 | 5,8 | 9 | 15,5 | 39,6 | 5,9 | 9 | 16,5 | 42,0 | 5,4 |
| 10 | 17,5 | 44,0 | 6,0 | 10 | 17,2 | 43,2 | 5,8 | 10 | 17,0 | 42,6 | 4,8 |
| 11 | 17,0 | 43,4 | 6,0 | 11 | 16,4 | 41,9 | 5,8 | 11 | 17,0 | 43,3 | 5,2 |
| 12 | 18,0 | 46,0 | 6,0 | 12 | 17,2 | 43,9 | 5,8 | 12 | 18,5 | 47,1 | 5,4 |
| Mittel | 18,2 | 46,2 | 6,0 | Mittel | 16,5 | 41,9 | 5,9 | Mittel | 16,3 | 41,3 | 5,4 |

Trockenschwindung am lufttrockenen Material.

Tabelle II.

| Nach 24-stündigem Mauken | | | | Nach 4-monatlichem Mauken | | | | Nach 1-jährigem Mauken | | | |
|--------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|---|-----------------------|-------------------------|
| No der Probe | Bruchfestigkeit | | Schwind- ung in ‰ | No der Probe | Bruchfestigkeit | | Schwind- ung in ‰ | No der Probe | Bruchfestigkeit | | Schwind- ung in ‰ |
| | absolut | in kg/cm ² | | | absolut | in kg/cm ² | | | absolut | in kg/cm ² | |
| S | | | | | | | | | | | |
| 1 | 15,5 | 51,4 | 6,4 | 1 | 27,0 | 88,9 | 6,5 | 1 | 20,0 | 66,8 | 8,0 |
| 2 | 15,0 | 49,6 | 6,3 | 2 | 18,4 | 59,3 | 6,5 | 2 | 18,0 | 60,0 | 7,6 |
| 3 | 19,0 | 62,8 | 6,3 | 3 | 20,0 | 64,9 | 6,4 | 3 | — | — | 7,9 |
| 4 | 18,5 | 62,1 | 6,6 | 4 | 17,5 | 56,5 | 6,5 | 4 | 10,0 | 32,1 | 7,3 |
| 5 | 14,0 | 45,1 | 6,2 | 5 | 19,2 | 62,3 | 6,5 | 5 | 9,0 | 29,4 | 7,4 |
| 6 | 12,0 | 39,8 | 6,7 | 6 | 18,0 | 58,4 | 6,5 | 6 | 8,0 | 25,7 | 7,5 |
| 7 | 19,5 | 63,7 | 6,2 | 7 | 15,0 | 49,3 | 6,5 | 7 | — | — | 7,2 |
| 8 | 16,0 | 51,9 | 6,3 | 8 | 20,0 | 66,3 | 6,4 | 8 | 10,0 | 33,3 | 8,0 |
| 9 | 20,0 | 66,1 | 6,6 | 9 | 16,0 | 51,9 | 6,3 | 9 | 12,0 | 39,3 | 7,6 |
| 10 | 18,0 | 59,3 | 6,3 | 10 | 24,0 | 77,5 | 6,4 | 10 | Es konnten nur diese Proben gemacht werden, da die andern stark rissig waren. | | |
| 11 | 18,5 | 60,1 | 6,3 | 11 | 19,5 | 64,1 | 6,2 | 11 | | | |
| 12 | 15,0 | 49,3 | 6,6 | 12 | 17,0 | 54,9 | 6,3 | 12 | | | |
| Mittel | 16,6 | 55,1 | 6,4 | Mittel | 17,6 | 62,9 | 6,4 | Mittel | 12,4 | 40,9 | 7,6 |
| B | | | | | | | | | | | |
| 1 | 20,5 | 52,1 | 7,4 | 1 | 19,0 | 50,1 | 6,8 | 1 | 17,0 | 45,4 | 8,6 |
| 2 | 20,5 | 51,7 | 7,2 | 2 | 18,0 | 48,3 | 7,3 | 2 | 16,0 | 45,7 | 8,8 |
| 3 | 20,0 | 51,7 | 7,1 | 3 | 21,0 | 55,3 | 7,7 | 3 | 19,0 | 51,6 | 8,5 |
| 4 | 20,5 | 52,8 | 7,2 | 4 | 20,8 | 55,8 | 8,0 | 4 | 18,5 | 51,0 | 8,2 |
| 5 | 19,5 | 50,3 | 6,8 | 5 | 20,0 | 52,8 | 7,2 | 5 | 18,5 | 58,9 | 8,0 |
| 6 | 19,5 | 49,4 | 6,6 | 6 | 22,1 | 59,0 | 7,3 | 6 | 20,0 | 56,1 | 7,9 |
| 7 | 20,0 | 51,5 | 7,3 | 7 | 19,6 | 50,7 | 7,1 | 7 | 17,5 | 48,3 | 7,8 |
| 8 | 20,5 | 52,8 | 7,3 | 8 | 19,0 | 49,1 | 7,0 | 8 | 19,5 | 54,7 | 8,6 |
| 9 | 20,0 | 51,7 | 7,2 | 9 | 19,2 | 50,4 | 7,0 | 9 | 16,0 | 45,7 | 9,0 |
| 10 | 20,5 | 52,1 | 7,2 | 10 | 20,0 | 51,9 | 7,4 | 10 | 16,0 | 44,9 | 8,8 |
| 11 | 20,0 | 51,5 | 7,3 | 11 | 19,0 | 49,9 | 7,2 | 11 | 19,0 | 52,5 | 8,5 |
| 12 | 19,5 | 49,6 | 7,3 | 12 | 18,4 | 47,8 | 6,8 | 12 | 18,0 | 50,5 | 8,6 |
| Mittel | 20,1 | 51,4 | 7,2 | Mittel | 19,7 | 51,7 | 7,2 | Mittel | 17,9 | 50,4 | 8,4 |

Resultate der Druckfestigkeit

| No des Tons | Nach 24-stündigem Mauken | | | Nach 4-monatlichem Mauken | | | Nach 1-jährigem Mauken | | |
|-------------------|--|---------------------------------|---|--|---------------------------------|---|--|---------------------------------|---|
| | Druck- fläche in cm ² | Bruchlast total in Tonnen | Druck- festigkeit in kg/cm ² | Druck- fläche in cm ² | Bruchlast total in Tonnen | Druck- festigkeit in kg/cm ² | Druck- fläche in cm ² | Bruchlast total in Tonnen | Druck- festigkeit in kg/cm ² |
| A | | | | | | | | | |
| 1 | 24,30 | 2,04 | 83,9 | 24,01 | 2,0 | 83,3 | 23,72 | 1,95 | 82,2 |
| 2 | 24,30 | 2,15 | 88,5 | 23,62 | 2,1 | 88,9 | 23,67 | 2,00 | 84,5 |
| 3 | 24,25 | 2,05 | 84,5 | 23,76 | 2,05 | 86,3 | 23,72 | 1,95 | 82,2 |
| 4 | 24,35 | 2,01 | 82,5 | 23,91 | 2,05 | 85,7 | 23,81 | 2,00 | 84,0 |
| 5 | 24,35 | 1,86 | 76,8 | 24,01 | 2,0 | 83,3 | 23,67 | 2,05 | 86,6 |
| 6 | 24,40 | 2,14 | 87,7 | 23,91 | 2,05 | 85,7 | 23,62 | 1,90 | 80,4 |
| 7 | 24,25 | 2,03 | 83,7 | 23,91 | 2,1 | 87,8 | 23,72 | 2,05 | 86,4 |
| 8 | 24,25 | 2,05 | 84,5 | 23,72 | 2,1 | 88,5 | 23,62 | 1,95 | 82,5 |
| 9 | 24,30 | 1,95 | 80,4 | 23,76 | 2,0 | 84,2 | 23,76 | 1,90 | 80,0 |
| 10 | 24,30 | 1,96 | 80,8 | 23,91 | 1,95 | 81,6 | 23,67 | 1,85 | 78,1 |
| | Mittel 83,3 | | | Mittel 85,5 | | | Mittel 82,7 | | |
| Y | | | | | | | | | |
| 1 | 23,67 | 1,35 | 57,0 | 23,77 | 1,8 | 75,7 | 23,72 | 1,70 | 71,7 |
| 2 | 23,57 | 1,30 | 55,1 | 23,86 | 1,9 | 79,0 | 23,62 | 1,40 | 59,3 |
| 3 | 23,67 | 1,35 | 57,0 | 23,77 | 1,8 | 75,7 | 23,67 | 1,60 | 67,6 |
| 4 | 23,62 | 1,45 | 61,3 | 23,86 | 1,8 | 75,4 | 23,72 | 1,55 | 65,3 |
| 5 | 23,67 | 1,40 | 59,1 | 23,91 | 1,85 | 77,4 | 23,62 | 1,60 | 67,7 |
| 6 | 23,67 | 1,45 | 61,3 | 23,86 | 1,7 | 71,2 | 23,67 | 1,50 | 63,4 |
| 7 | 23,67 | 1,50 | 63,4 | 24,06 | 1,8 | 74,8 | 23,72 | 1,50 | 63,2 |
| 8 | 23,67 | 1,30 | 54,9 | 23,77 | 1,65 | 69,4 | 23,72 | 1,55 | 65,3 |
| 9 | 23,62 | 1,50 | 63,5 | 23,86 | 1,7 | 71,2 | 23,67 | 1,65 | 69,7 |
| 10 | 23,62 | 1,30 | 55,0 | 23,86 | 1,7 | 71,2 | 23,67 | 1,70 | 71,8 |
| | Mittel 58,7 | | | Mittel 74,1 | | | Mittel 66,5 | | |

am lufttrockenen Material.

Tabelle III.

| No des Tons | Nach 24-stündigem Mauken | | | Nach 4-monatlichem Mauken | | | Nach 1-jährigem Mauken | | |
|-------------------|---|---------------------------------|---|--|---------------------------------|---|--|---------------------------------|---|
| | Druck- fläche in cm ² | Bruchlast total in Tonnen | Druck- festigkeit in kg/cm ² | Druck- fläche in cm ² | Bruchlast total in Tonnen | Druck- festigkeit in kg/cm ² | Druck- fläche in cm ² | Bruchlast total in Tonnen | Druck- festigkeit in kg/cm ² |
| S | Sämtliche Probekörper stark schwindrissig | | | | | | | | |
| 1 | 21,2 | 1,5 | 70,7 | 21,4 | 1,5 | 70,1 | 19,67 | 1,8 | 91,5 |
| 2 | 21,1 | 1,4 | 66,3 | 21,4 | 1,65 | 77,1 | 20,02 | 1,75 | 87,4 |
| 3 | 21,8 | 1,7 | 78,0 | 21,1 | 1,50 | 71,1 | 19,71 | 1,95 | 98,9 |
| 4 | 21,0 | 1,65 | 78,6 | 20,8 | 1,70 | 81,7 | 19,80 | 1,90 | 95,9 |
| 5 | 21,2 | 1,45 | 68,4 | 20,6 | 1,75 | 84,9 | 19,85 | 1,70 | 85,6 |
| 6 | 21,4 | 1,70 | 79,4 | 20,8 | 1,75 | 84,1 | 19,67 | 1,70 | 86,4 |
| 7 | 21,5 | 1,55 | 72,1 | 20,6 | 1,55 | 75,2 | 19,85 | 2,00 | 100,7 |
| 8 | 21,1 | 1,40 | 66,3 | 20,8 | 1,50 | 72,1 | 19,76 | 2,00 | 101,2 |
| 9 | 21,2 | 1,65 | 77,8 | 20,4 | 1,60 | 78,4 | 19,71 | 1,90 | 96,4 |
| 10 | 21,3 | 1,75 | 82,2 | 20,7 | 1,70 | 82,1 | 19,67 | 1,85 | 94,0 |
| | Mittel 74,0 | | | Mittel 77,7 | | | Mittel 93,8 | | |
| B | | | | | | | | | |
| 1 | 23,28 | 2,10 | 90,2 | 22,94 | 2,10 | 95,9 | 22,85 | 2,20 | 96,3 |
| 2 | 23,23 | 2,20 | 94,7 | 22,90 | 2,05 | 89,5 | 22,75 | 2,30 | 101,1 |
| 3 | 23,14 | 2,15 | 92,9 | 22,85 | 2,00 | 87,5 | 22,66 | 2,35 | 103,7 |
| 4 | 23,23 | 2,15 | 92,5 | 22,94 | 2,00 | 87,1 | 22,80 | 2,20 | 96,5 |
| 5 | 23,23 | 2,10 | 92,7 | 22,90 | 2,00 | 87,3 | 22,70 | 2,15 | 94,7 |
| 6 | 23,18 | 2,15 | 90,4 | 22,94 | 2,05 | 89,3 | 22,70 | 2,35 | 103,5 |
| 7 | 23,23 | 2,15 | 92,5 | 22,90 | 2,10 | 91,7 | 22,80 | 2,20 | 96,5 |
| 8 | 23,14 | 2,05 | 88,6 | 22,90 | 2,10 | 91,7 | 22,56 | 2,20 | 97,5 |
| 9 | 23,18 | 2,10 | 90,6 | 22,85 | 2,15 | 94,1 | 22,66 | 2,15 | 94,9 |
| 10 | 23,18 | 2,05 | 88,4 | 22,90 | 2,05 | 89,5 | 22,66 | 2,20 | 97,1 |
| | Mittel 91,3 | | | Mittel 90,4 | | | Mittel 98,2 | | |

Tabelle IV.

Rekapitulation.

| Bezeichnung des Materials | Bezeichnung des Tones | I. Nach 24-stündigem Mauken | II. Nach 4-monatlichem Mauken | III. Nach 1-jährigem Mauken | Bemerkungen |
|---------------------------|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------|
| A | Wassergehalt beim Verarbeiten | 19,86 ⁰ / ₀ | 19,79 ⁰ / ₀ | 20,53 ⁰ / ₀ | |
| | Plastizitätskoeffizient | 0,42 | 0,96 | 8,8 | |
| | Trockenschwindung | 5,3 ⁰ / ₀ | 5,3 ⁰ / ₀ | 6,2 ⁰ / ₀ | |
| | Bruchfestigkeit des luft-trockenen Materials | 36,9 kg/cm ² | 31,2 kg/cm ² | 32,6 kg/cm ² | |
| | Druckfestigkeit des luft-trockenen Materials | 83,3 kg/cm ² | 85,5 kg/cm ² | 82,7 kg/cm ² | |
| Y | Wassergehalt beim Verarbeiten | 19,65 ⁰ / ₀ | 20,74 ⁰ / ₀ | 20,73 ⁰ / ₀ | |
| | Plastizitätskoeffizient | 159,0 | 160,0 | 147,0 | |
| | Trockenschwindung | 6,0 ⁰ / ₀ | 5,9 ⁰ / ₀ | 5,4 ⁰ / ₀ | |
| | Bruchfestigkeit des luft-trockenen Materials | 46,2 kg/cm ² | 41,9 kg/cm ² | 41,3 kg/cm ² | |
| | Druckfestigkeit des luft-trockenen Materials | 58,7 kg/cm ² | 74,1 kg/cm ² | 66,5 kg/cm ² | |
| S | Wassergehalt beim Verarbeiten | 24,43 ⁰ / ₀ | 26,48 ⁰ / ₀ | 25,86 ⁰ / ₀ | |
| | Plastizitätskoeffizient | 164,0 | 146,0 | 139,0 | |
| | Trockenschwindung | 6,4 ⁰ / ₀ | 6,4 ⁰ / ₀ | 7,6 ⁰ / ₀ | |
| | Bruchfestigkeit des luft-trockenen Materials | 55,1 kg/cm ² | 62,9 kg/cm ² | 40,9 kg/cm ² | Proben stark rissig |
| | Druckfestigkeit des luft-trockenen Materials | 74,0 kg/cm ² | 77,7 kg/cm ² | 93,8 kg/cm ² | |
| B | Wassergehalt beim Verarbeiten | 19,93 ⁰ / ₀ | 21,14 ⁰ / ₀ | 21,16 ⁰ / ₀ | |
| | Plastizitätskoeffizient | 128,0 | 120,0 | 99,0 | |
| | Trockenschwindung | 7,2 ⁰ / ₀ | 7,2 ⁰ / ₀ | 8,4 ⁰ / ₀ | |
| | Bruchfestigkeit des luft-trockenen Materials | 51,4 kg/cm ² | 51,7 kg/cm ² | 50,4 kg/cm ² | |
| | Druckfestigkeit des luft-trockenen Materials | 91,3 kg/cm ² | 90,4 kg/cm ² | 98,2 kg/cm ² | |

Über die

Einwirkung verschiedener Bindemittel

auf die

Ausblühungen an Verblendsteinmauerwerk

von

B. Zschokke,

Privatdozent am Eidg. Polytechnikum und Adjunkt der Schweiz.
Materialprüfungsanstalt.



Vor der Ausführung eines jeden Backsteinrohbaus, besonders bei Luxus- und Monumentalbauten, sollte sich ein jeder gewissenhafte Architekt oder Baumeister hinsichtlich der zu diesem Bau zu verwendenden Materialien — Steine sowohl wie Bindemittel — stets auch in der Richtung völlige Klarheit verschaffen, ob diese Materialien späterhin zu den so hässlichen Ausblühungen Veranlassung geben oder nicht. Nichts beleidigt wohl bei einem Backsteinrohbau das Schönheitsgefühl so sehr, als eine über und über mit weissen Flecken oder gar dicken Krystallkrusten bedeckte Façade, ein Übel, das zwar zuweilen nur vorübergehender Natur ist und bald verschwindet, oft aber auch Jahre lang oder noch länger anhält. Gewöhnlich schiebt dann der Backsteinfabrikant die Schuld auf den verwendeten Mörtel oder umgekehrt der Maurer auf die Steine; jedenfalls aber bietet die Erscheinung für den Hausbesitzer selber eine Quelle steten Ärgernisses. In den letzten Jahren haben sich mehrere Forscher, so namentlich das Chemische Laboratorium für Tonindustrie in *Berlin* mit der Frage der Ausblühungen beschäftigt, deren chemische Zusammensetzung untersucht, die Bedingungen erforscht, unter denen Steine zu Ausblühungen Veranlassung geben oder nicht, sowie sichere Methoden ausgearbeitet, um an Backsteinen vor ihrer Verwendung die Neigung zu Ausblühungen nachzuweisen. Diese Fragen sind auch, soweit sie wenigstens die eine Quelle des Übels, die fehlerhafte Beschaffenheit der Steine betreffen, zu einem guten Teil gelöst. Was die Zusammensetzung der Salze anbetrifft, welche die Ausblühungen bilden, so ist vor Allem zu bemerken und schon seit längerer Zeit festgestellt, dass sie keinen Salpeter (weder NaNO_3 noch KNO_3) enthalten und somit die Bezeichnung des „Salpeterns“, mit welchem das Ausschwitzen weisser Ausschlüge an Backsteinen in der Praxis noch durchweg belegt wird, tatsächlich keine Berechtigung hat. Durch vielfache Analysen ist heute festgestellt, dass diese Ausschlüge neben sehr geringen Mengen von Kieselsäure, Tonerde und Kochsalz zur Hauptsache aus Gyps (CaSO_4), Glaubersalz (Na_2SO_4), Bittersalz (MgSO_4) und Kaliumsulfat (K_2SO_4) bestehen.

Bis vor Kurzem war man allgemein der Ansicht, dass der quantitative Gehalt an wasserlöslichen Salzen in gebrannten Steinen einen Maßstab für deren Neigung zu Ausblühungen liefere und glaubte, dass Steine mit starkem Gehalt an wasserlöslichen Salzen auch starke Ausblühungen ergeben müssten und umgekehrt.

In diesem Sinne wurde denn auch z. B. bei den im Laufe des letzten Dezeniums in der Eidg. Materialprüfungsanstalt in grossem Maßstabe durchgeführten Tonuntersuchungen vorgegangen. Seitdem wurde, wie bereits bemerkt, die Frage der Ausblü-

hungen, soweit diese vom Steinmaterial selber herrühren, auf Beschluss des „Deutschen Vereins für Ton-, Kalk- und Zementindustrie“ in *Berlin* in sehr einlässlicher Weise weiter verfolgt und zu einem gewissen Abschluss gebracht. Die Resultate dieser von Herrn Dr. *Mäckler* ausgeführten Untersuchungen sind in drei Vorträgen niedergelegt, die genannter Forscher in den Jahresversammlungen des genannten Vereins (1903—1905) gehalten hat.*)

Die Resultate der *Mäckler*'schen Untersuchungen lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen: Die Neigung eines Ziegel- oder Backsteinmaterials hängt erwiesenermassen von folgenden Faktoren ab:

1. Von der Art der im gebrannten Material enthaltenen Salze: der schwerlösliche Gyps liefert im Allgemeinen nur wenig Ausblühungen oder gar keine, die übrigen Sulfate sehr starke und zwar $MgSO_4$ und Na_2SO_4 in der Regel mehr als K_2SO_4 .
2. Von der Menge der löslichen Salze und zwar insoweit, als Steine mit viel löslichen Salzen und sofern diese Steine überhaupt ausblühungsfähig sind, diese Erscheinung viel länger zeigen, als unter sonst gleichen Umständen Steine mit geringem Gehalt an löslichen Salzen. Ausblühungen können aber noch bei Steinen mit 0,01% löslichen Salzen in beträchtlicher Menge auftreten. Eine untere Grenze des Salzgehaltes, bei dem die Ausblühungen aufhören, kann nicht angegeben werden.
3. Von der Brandtemperatur. Scharf gebrannte Steine zeigen weniger Ausblühungen als mild gebrannte und zwar nicht etwa weil die Steine durch das scharfe Brennen dichter, weniger porös geworden sind, sondern weil entweder in der höhern Brandtemperatur die löslichen Salze zerstört worden sind oder dann mit der tonigen Grundmasse eine sehr innige Verbindung eingegangen sind, aus der sie mit Wasser nur schwierig ausgelaugt werden können.
4. Von der Beschaffenheit der Ofenatmosphäre; Steine mit oxydierender Flamme gebrannt neigen etwas mehr zu Ausblühungen, als die nämlichen Steine in reduzierender Flamme gebrannt.
5. Von der Grösse, Zahl und Anordnung der Poren. Feinporige Steine blühen unter sonst gleichen Umständen mehr aus als grobporige, weil bei Feinporigkeit die gesamte Flüssigkeit samt gelösten Salzen durch Capillarität nach Aussen zieht, während beim Vorhandensein grösserer Hohlräume die Ausscheidung von Salzen schon teilweise im Innern des Steines stattfindet.

Mäckler hat durch zahlreiche weitläufige Untersuchungen den Einfluss obiger fünf Faktoren auf die Ausblühungsfähigkeit von Steinen unzweifelhaft festgestellt. Er ist aber der Meinung, dass ausserdem noch eine ganze Reihe weiterer Umstände, die schwieriger zu beurteilen sind, ebenfalls bei den Ausblühungen mitwirken, so z. B. die Art der

*) Tonindustriezeitung. 1903, pag. 570.

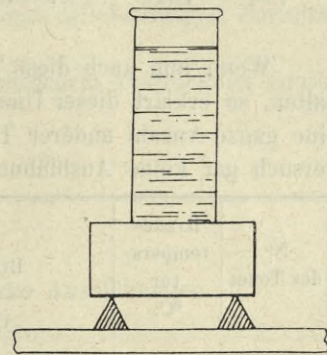
1904, „ 436.

1905, „ 437.

Trocknung der ungebrannten, geformten Ware, das Gefüge des Tones (Form und Grösse der kleinsten Teilchen, die chemische Zusammensetzung der Masse etc.)

Die effektive Neigung der Ziegel zu Ausblühungen hat er durch den Tränkversuch ermittelt und zwar ausschliesslich an Ziegeln, die in Berlin Verwendung finden, auch wohl in nicht allzu grossen Entfernungen von dort erzeugt werden und deren Rohmaterial geologisch betrachtet, wohl einen mehr oder weniger einheitlichen, von dem unsrigen verschiedenen Charakter haben dürfte. Dieser Tränkversuch wird in der Weise ausgeführt, dass man die eine Seite des zu prüfenden Backsteins durch Abschleifen vollständig ebenflächig macht und den Stein mit dieser Seite auf ein etwa 0,3—0,5 Liter fassendes, mit destillirtem Wasser gefülltes cylindrisches Standglas legt, dessen oberer Rand tadellos glatt geschliffen ist. Man drückt nun mit der linken Hand den Stein fest gegen das Glas und stülpt letzteres um. Stein samt Glas werden auf eine, den freien Luftzutritt gestattende Unterlage gelegt und sich selbst überlassen. Ist das Wasserglas leer, so wird es eventuell noch ein- bis zweimal gefüllt. Das Wasser saugt sich allmählich in den Stein ein, löst dort eventuell vorhandene Salze, führt diese an die Aussenflächen des Steins und lagert sie beim Verdunsten als Anflug ab. Nach vollständigem Trocknen des Steins, das an einem trockenen, vor Sonnenschein geschützten Ort vor sich gehen muss, wird das Äussere des Steins beurteilt. Wie man sieht, ist diese sehr zuverlässige und sichere Probe mit den einfachsten Hilfsmitteln durchzuführen und kann von jedem beliebigen Baumeister ausgeführt werden.

Fig. 1.



Die Untersuchung der Tonlager der Schweiz durch die Geotechnische Kommission gab der Materialprüfungsanstalt Gelegenheit, wenn auch nicht an allen, so doch an einer grössern Anzahl gebrannter Tonproben verschiedenster Qualität, die Neigung zu Ausblühungen nachträglich noch mittelst der Tränkprobe zu kontrollieren. Es wurden dazu 100 verschiedene Tonwürfel verwendet mit einem Gehalt von 0,01—1,78⁰/₁₀₀ an löslichen Salzen. Es zeigten hiebei:

| | | | |
|------------------------|-------------|----|------|
| Gar keine Ausblühungen | | 87 | Tone |
| Spuren von | „ | 8 | „ |
| Mässig starke | „ | 2 | „ |
| Starke | „ | 1 | „ |
| Sehr starke | „ | 4 | „ |

102 Tone

Dieses auffallend günstige Resultat gilt selbstverständlich für die betreffenden Tone nur unter den ganz bestimmten Bedingungen, unter denen sie verarbeitet und gebrannt wurden. Die weitgehende Zerkleinerung des Materials vor der Verarbeitung und die höchst zulässige Brandtemperatur, bei der es gebrannt wurde, haben hier selbstverständlich in günstigem Sinne gewirkt.

Die vier Tone mit sehr starken Ausschlägen zeigten folgende wichtigste Eigenschaften:

| No des Tones | Brand- tempera- tur °C. | Brandfarbe | Wasser- saugkraft in ‰ | Porosität | | Gehalt an Kalk ‰ | Gehalt an löslichen Salzen ‰ |
|-----------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------|-----------------|---------------------------|--|
| | | | | absolute | schein- bare | | |
| 120 | 1010 | Fleischfarbig — Lederfarbig | 14,0 | 25 | 25 | 7,17 | 0,20 |
| 111 | 1010 | Fleischfarbig | 25,5 | 43 | 41 | 7,17 | 1,27 |
| 127 | 1010 | Lederfarbig IV | 15,2 | 23 | 23 | 6,04 | 1,22 |
| 145 | 1010 | Fleischfarbig | 25,8 | 37 | 37 | 1,32 | 0,35 |

Wenn nun auch diese Tone allerdings auffallend grosse Mengen löslicher Salze enthalten, so erklärt dieser Umstand allein noch keineswegs die starken Ausblühungen, weil eine ganze Anzahl anderer Tone mit mindestens ebensoviel löslichen Salzen beim Tränkversuch gar keine Ausblühungen zeigen, wie aus folgender Tabelle hervorgeht.

| No des Tones | Brand- tempera- tur °C. | Brandfarbe | Wasser- saugkraft in ‰ | Porosität | | Gehalt an Kalk ‰ | Gehalt an löslichen Salzen ‰ |
|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------------------|-----------|-----------------|---------------------------|--|
| | | | | absolute | schein- bare | | |
| 263 | 1050 | Holzfarbe II | 25,0 | 42 | 41 | 17,83 | 1,13 |
| 1554 | 1050 | „ II | 18,8 | 40 | 32 | Nicht bestimmt | 0,85 |
| 21 | 1030 | Stumpfocker III | 34,8 | 50 | 51 | 25,13 | 0,84 |
| 265 | 1050 | Fleischfarbig II | 22,9 | 42 | 39 | 20,58 | 1,12 |
| 650 | 1050 | Hellgelb | 14,7 | 35 | 35 | Nicht bestimmt | 1,16 |
| 4 | 1030 | Stumpfocker III | 30,0 | 46 | 46 | 23,76 | 0,94 |
| 262 | 1050 | Fleischfarbig II | 24,7 | 43 | 40 | 21,96 | 1,00 |
| 131 | 1020 | Weissgelb | 27,7 | 42 | 41 | 19,21 | 1,01 |
| 515 | 1050 | Weiss | 40,4 | 55 | 55 | 30,48 | 0,70 |
| 1567 | 1050 | Fleischfarbig | 21,3 | 43 | 34 | Nicht bestimmt | 0,87 |

Vergleichen wir die Zahlen dieser Tabelle mit denjenigen der vorigen, so geben uns weder die Ziffern der Wassersaugkraft, noch die der absoluten oder scheinbaren Porosität einen Anhaltspunkt dafür, warum diese Tone beim Tränkversuch keine Ausblühungen zeigen. Entweder ist also hieran eine besondere Anordnung oder Beschaffenheit der Poren schuld oder die löslichen Salze sind in einer besonders innigen Verbindung mit der Tonsubstanz oder einem andern Bestandteil des Tons vorhanden, so dass sie durch kaltes Wasser nicht ausgelaugt werden können. Für letztere Hypothese spricht z. B. der Umstand, dass diese Tone durchwegs einen weit höhern Gehalt an

Ca O aufweisen, als die der ersten Gruppe und durchwegs bei etwas höherer Temperatur gebrannt worden sind, Trägt eine besondere Beschaffenheit der Poren daran Schuld, dass fragliche Steine trotz hohem Gehalt an löslichen Salzen keine Ausblühungen zeigen, so dürfen sie bei einem Tränkversuch, der anstatt mit destilliertem Wasser z. B. mit Lösungen von $MgSO_4$ und Na_2SO_4 vorgenommen wird, ebenfalls keine Ausblühungen zeigen. Treten aber Ausblühungen auf, so ist damit indirekt bewiesen, dass die zweite der oben genannten Möglichkeiten der Grund für ihr günstiges Verhalten beim gewöhnlichen Tränkversuch mit destilliertem Wasser bildet. Zum Tränkversuch mit $MgSO_4$ Lösung wurden die Tone No. 263, 1554, 21, 265 und 650 verwendet und zwar wurden unter zwei Malen in jeden Stein 0,5% $MgSO_4$ vom Steingewicht, aufgelöst in 200 cm² H₂O, eingeführt. Zu den Versuchen mit Na_2SO_4 wurden die Tone No. 4, 262, 131, 515 und 1567 verwendet. Die Steine saugten trotz ihrer starken und gleichmässigen Porosität die Salzlösungen sehr verschieden rasch auf.

Nach völligem Aufsaugen und allmählichem wehrwöchentlichem Austrocknen an der Luft zeigten die Steine folgendes Verhalten:

I. Serie:

- No. 263 keine Ausblühungen.
- „ 1554 „ „
- „ 21 sehr wenig Ausblühungen.
- „ 265 auf der untern Hälfte von drei Kanten starke Ausblühungen.
- „ 650 über und über mit weissen Krusten bedeckt.

II. Serie:

- No. 4 über und über mit weissen Krusten bedeckt.
- „ 262 unten etwas Ausblühungen.
- „ 131 über und über mit weissen Krusten bedeckt.
- „ 515 „ „ „ „ „ „ „
- „ 1567 auf der untern Hälfte ziemlich starke Ausblühungen.

Wie man sieht, zeigen sich bei diesen 10 Tonen im Verhalten gegen Salzlösungen die stärksten Unterschiede.

Forschen wir diesen Unterschieden an Hand der Tabelle auf Seite 220 nach, so kommt man zu keinem sichern Schluss; denn weder die Höhe der Brandtemperatur noch die Wassersaugkraft, beziehungsweise der Grad der Porosität, noch die chemische Zusammensetzung geben eine Erklärung dafür, warum z. B. die Tone 263 und 1554 gar keine Salze durchlassen, während die Tone No. 650, 4, 131 und 515 über und über mit Salzkrusten bedeckt sind.

Speziell um den Einfluss des Porositätsgrades zu untersuchen, wurden an den nämlichen Würfeln, die zu den Durchtränkungsversuchen mit den zwei Salzlösungen gedient hatten und zwar an den Würfeln No. 1554, 21 und 263 einerseits, sowie an den Würfeln No. 131, 650 und 4 andererseits die Wassersaugkraft bestimmt und hiebei folgende Werte gefunden:

| | | |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------|
| No. 1554 | 17,74 ⁰ / ₀ | Wasseraufnahme. |
| „ 21 | 30,80 ⁰ / ₀ | „ |
| „ 263 | 22,31 ⁰ / ₀ | „ |

| | | |
|-------------------|--------|-----------------|
| No. 131 | 26,05% | Wasseraufnahme. |
| „ 650 | 15,13% | „ |
| „ 4 | 26,79% | „ |

Wie man sieht, geben auch diese Zahlen keinen Anhaltspunkt für das so abnormale Verhalten der Tone. Zerschlägt man die Würfel und prüft man die Struktur der Bruchflächen, so ist — wenigstens bei der Beobachtung mit freiem Auge und Loupe — keinerlei auffälliges Merkmal zu entdecken, welches das so ganz verschiedene Verhalten dieser Tone hinsichtlich der Durchlässigkeit von Salzlösungen erklärt; es müssen also hier Verhältnisse im Spiele sein, die sich zum Teile möglicherweise durch eingehendere mikroskopische Untersuchung der Struktur nachweisen lassen und die notwendigerweise mit der Grösse, Form und Anordnung der Poren im Zusammenhang stehen müssen.

Dass bei zunehmender Brandtemperatur ein Steinmaterial, das sonst zu Ausblühungen neigt, geringere oder gar keine Ausblühungen zeigt, ist bereits Eingang erwähnt worden und kann leicht nachgewiesen werden. Dagegen gelingt es nicht oder wenigstens nicht in allen Fällen, diese Eigenschaften an einem Material nachzuweisen, das an und für sich keine Ausblühungen zeigt, dem aber im ungebrannten Zustand künstlich lösliche Salze beigefügt werden und das nachher bei verschiedenen Temperaturen gebrannt und der gewöhnlichen Tränkprobe ausgesetzt wird. Es wurde dieser Versuch an zwei Tönen ausgeführt, die in gebranntem Zustand beim Tränkversuch keine Spur von Ausblühungen ergaben. Diese Tone wurden nun, der eine mit einem Zusatz von 0,5% Na_2SO_4 (auf gebrannten Zustand berechnet) der andere mit 0,5% MgSO_4 eingesumpft, daraus nach Verlauf einiger Wochen würfelförmige Probekörper erzeugt und diese nach vollständigem Trocknen bei 950° , 1000° , 1050° , 1100° , 1130° und 1150° (beginnender Sinterung) gebrannt. Beide Serien wurden sodann in der üblichen Weise der Tränkprobe mit destilliertem Wasser unterworfen, wobei jedoch merkwürdigerweise kein einziger Versuchskörper nur eine Spur Ausblühungen ergab, weder die mild- noch die scharfgebrannten. Diese auffällige Erscheinung kann daher rühren, dass entweder die künstlich beigemengten Salze beim Brennen verdampft sind oder zerstört wurden oder dass sie, wie bereits oben bemerkt, mit der Tonmasse zufolge deren besonderer petrographischer Zusammensetzung eine wasserunlösliche Verbindung eingegangen sind oder dass endlich beim Brennen, im Scherben für das Durchwandern von Salzen besonders ungünstige Porositätsverhältnisse entstanden sind.

Diese beiden Versuchsreihen lassen aber möglicherweise den weitem Schluss zu, dass die löslichen Salze, die wir in gebrannten Tönen so oft finden, im ungebrannten Material noch gar nicht als solche vorhanden sind (weil sie nach dem Gesagten beim Brennen vielleicht zerstört werden), sondern dass sie erst beim Brennen durch besondere chemische Prozesse oder sogar erst bei der Einwirkung von Wasser auf das gebrannte Material entstehen.

Diese beiden Versuchsreihen, sowohl wie die auf Seite 220 erwähnte, bestätigen also vollkommen die von *Mückler* aus seinen Versuchen gezogenen Schlussfolgerungen, die er in die Worte zusammenfasst: „dass die für Ausblühungen an Ziegeln in Betracht kommenden Umstände so vielseitig und zahlreich sind, dass es vollkommen ausgeschlossen ist, jemals mit Sicherheit allgemein festzustellen, welche Umstände das Ausblühen der löslichen Salze im einen Fall verhindern, im andern Fall herbeiführen.“

In den vorstehenden Betrachtungen war bis jetzt nur die Rede von denjenigen Ausblühungen, die ihre Entstehung den im Steinmaterial selbst enthaltenen Salzen verdanken. Es ist aber sehr wohl denkbar, wenn auch meines Wissens bisher noch nicht untersucht, dass auch die in den zum Vermauern der Steine verwendeten Mörtel enthaltenen Salze ebenfalls zu Ausschwitzungen beitragen können.

Im Nachstehenden seien die Resultate einiger über diesen Gegenstand in der Eidg. Materialprüfungsanstalt ausgeführten Untersuchungen etwas eingehender besprochen. Zu diesen Untersuchungen bedurfte es einmal eines rotbrennenden Steinmaterials, das keine löslichen Salze enthält, beziehungsweise bei der Tränkprobe mit destilliertem Wasser keine Spur von Ausblühungen ergibt, andererseits aber für Salzlösungen hinlänglich durchlässig ist.

Durch die grosse Freundlichkeit der Mech. Ziegelei von *E. Brandenburg* in *Zug* gelangten wir in Besitz von 50 Stück dunkelroten Kaminsteinen, die sich für genannte Versuche als in jeder Beziehung geeignet erwiesen. Ein Tränkversuch mit 1 Liter destilliertem Wasser zeigte, dass die Steine absolut frei von Ausblühungen bleiben. Beim Tränkversuch mit einer Lösung von Glaubersalz (1% vom Steingewicht an Na_2SO_4) waren die Steine nach vierwöchentlichem Austrocknen über und über mit weissen Krusten bedeckt; die Steine entsprachen also den an sie gestellten Anforderungen in jeder Beziehung. Um den Einfluss der verschiedenen Bindemittel auf die Ausblühungsfähigkeit von Steinen zu ermitteln wurden in Untersuchung gezogen:

- 2 Sorten Portlandzement (No. 1 und 2).
- 2 „ Schlackenzement (No. 3 und 4).
- 3 „ Hydraulischer Kalk (No. 5, 6 und 7).
- 3 „ Weisskalk (No. 8, 9 und 10).
- 1 Sorte Schwarzkalk (No. 11).

Sämtliche Proben waren gewöhnliche Handelsware. Es wurden nun aus jeder Sorte Bindemittel ohne Sandzusatz und unter Verwendung von destilliertem Wasser je 8 würfelförmige Probekörper hergestellt ($7 \times 7 \times 7$ cm) und diese während 8 Tagen an der Luft erhärten gelassen. Nach Verfluss dieser Zeit wurde in den einzelnen Proben der Gehalt an wasserlöslichen Salzen nach den hiefür geltenden Vorschriften bestimmt.

Dabei ergaben sich folgende Ziffern:

| | I. Bestimmung | II. Bestimmung | Mittel |
|----------------------|---------------|----------------|--------|
| No. 1 Portlandzement | 2,69 ‰ | 2,67 ‰ | 2,68 ‰ |
| „ 2 „ | 4,08 „ | 4,15 „ | 4,12 „ |
| „ 3 Schlackenzement | 2,46 „ | 2,40 „ | 2,43 „ |
| „ 4 „ | 1,77 „ | 1,79 „ | 1,78 „ |
| „ 5 Hydr. Kalk | 2,55 „ | 2,42 „ | 2,48 „ |
| „ 6 „ | 1,94 „ | 1,97 „ | 1,96 „ |
| „ 7 „ | 3,28 „ | 3,51 „ | 3,39 „ |
| „ 8 Weisskalk | 2,55 „ | 2,52 „ | 2,53 „ |
| „ 9 „ | 2,42 „ | 2,39 „ | 2,41 „ |
| „ 10 „ | 2,88 „ | 2,92 „ | 2,90 „ |
| „ 11 Schwarzkalk | 2,82 „ | 2,96 „ | 2,89 „ |

Vier Wochen nach Erzeugung der Probekörper wurde 1 Würfel jeder Materialsorte zerstampft. Was von dem Pulver durch das 225-Maschensieb durchging und auf dem 900-Maschensieb liegen blieb, wurde gesammelt; von jeder Sorte Siebgut 100 gr abgewogen, in ein Standglas gebracht, mit destilliertem Wasser überschüttet und je mit der Hälfte eines der erwähnten Kaminsteine zur Tränkprobe angesetzt. Unter öfterer Erneuerung des Wassers wurden diese Versuche während zwei Monaten fortgesetzt und schliesslich die Steine an der Luft langsam trocknen gelassen.

Die Resultate dieser Versuche sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

| No des Binde- mittels | Aussehen der Steine nach der Probe | Bemerkungen |
|--------------------------------|--|--|
| 1. | Auf den Seiten Spuren von Ausblühungen. | Auf der Oberfläche des dunkelgrauen Ce- mentpulvers im Standglas lagerte sich ein weisser, flockiger Schlamm ab. |
| 2. | Dito. | Dito. |
| 3. | Keine Ausblühungen | Auf der Oberfläche des dunkelgraugrünen Cementpulvers im Standglas bildet sich ein weisser, flockiger Schaum. |
| 4. | Dito. | Dito. Der Schlamm hat aber hellgraue Farbe. |
| 5. | Spuren von Ausblühungen | Auf der Oberfläche des graugelblichen Pulvers im Standglas lagert sich ein weiss- grauer, flockiger Schlamm ab. |
| 6. | Ziemlich starke Ausblüh- ungen. | Dito. |
| 7. | Dito. | Dito. |
| 8. | Ziemlich starke Ausblühungen | |
| 9. | Keine ” | |
| 10. | Ziemlich ” ” | |
| 11. | Keine ” | |

Der Versuch kann auch in der Weise ausgeführt werden, dass je 50 gr der oben erwähnten pulverisierten Würfel jeder Bindemittelsorte fünfmal mit kochendem destilliertem Wasser extrahiert werden. Die Extrakte eines jeden Pulvers werden gesammelt, auf ca. $\frac{1}{2}$ Liter verdünnt und mit diesen Lösungen der löslichen Salze bei der nämlichen Sorte von Backsteinen der Tränkversuch ausgeführt.

Diese Versuchserie wurde je im Doppel ausgeführt und es ist diese Art der Versuchsausführung der erst geschilderten jedenfalls auch vorzuziehen, weil bei jener sich die Poren der Versuchssteine durch den oben erwähnten äusserst feinen Schlamm, der sich aus den Bindemitteln bei längerem Stehen mit Wasser ablagerte und über dessen Natur Untersuchungen noch ausstehen, zum Teil verstopfen.

Da, wie wir Eingangs gesehen, nach den Untersuchungen *Mäcklers* verschiedene Salze sehr verschieden starke Ausblühungen erzeugen können, schien es einmal angezeigt, diese Erscheinung an unsern speziellen Versuchssteinen zu kontrollieren und ferner die aus den verschiedenen Bindemitteln extrahierten löslichen Salze einer qualitativen und quantitativen Analyse zu unterwerfen.

Zu den Versuchen mit verschiedenen löslichen Salzen wurden verwendet Glaubersalz (Na_2SO_4), Bittersalz (MgSO_4), Kaliumsulfat (K_2SO_4), Gyps (CaSO_4), ferner Ätzkalk (CaO). Von diesen 5 Verbindungen ist der Ätzkalk am schwersten in Wasser löslich, nämlich 0,1285 T. in 100 T. kalten Wassers. Da beabsichtigt war, die Steine mit 0,3% ihres Gewichts an löslichen Salzen zu durchtränken, so macht dies pro Stein im Gewicht von 990 gr 2,7 gr CaO ; da es, um diese Menge CaO zu lösen theoretisch 2 Liter Wasser braucht, so wurden, um gleiche Versuchsbedingungen zu haben, je 2,7 gr obgenannter Verbindungen in je 2,5 Liter destilliertem Wasser gelöst und mit diesen Lösungen die Tränkversuche am nämlichen Sortiment Kaminsteine vorgenommen, die zu den ersten Versuchen gedient hatten.

Auch diese Versuche wurden in zwei Parallelserien vorgenommen. Hierbei ergab sich, dass die Lösungen von Na_2SO_4 und MgSO_4 sich beide sehr rasch und ungefähr im selben Zeitraum in die Versuchssteine einsogen. Schon nach Verlauf von wenigen Wochen waren diese über und über mit dicken weissen Krystallwülsten oder Krausen bedeckt. Die Lösung von K_2SO_4 witterte viel langsamer aus und erzeugte bei der ersten Versuchsreihe auf der Oberfläche des Steines bloss zahlreiche weissliche, runde Flecken; bei der zweiten einen dünnen weissen Überzug, aber durchaus ohne Bildung von eigentlichen Krystallkrusten.

Die Lösungen von Gyps und Kalk schliesslich sogen sich nur äusserst langsam in den Stein ein. Die mit Gypslösung behandelten Steine zeigten nach dem Trocknen bei der ersten Versuchsreihe nur an drei Ecken schwache Ausblühungen, bei der zweiten gar keine. Bei den mit Kalklösung behandelten Steinen war die Flüssigkeit selbst nach Monaten noch nicht völlig absorbiert, was möglicherweise daher rührt, dass sich das anfänglich in die Steine eingedrungene Kalkhydrat unter Zutritt von Luft in CaCO_3 verwandelte, in dieser Form die Poren verstopfte und dem weitem Eindringen von Kalklösung hinderlich war. Die mit Kalk behandelten Steine zeigten sowohl an den Ecken als Flächen nur schwache weisse Verfärbungen; mit Rücksicht auf die lange, Monate erfordernde Einsaugungszeit, wurde nur eine Versuchsreihe gemacht.

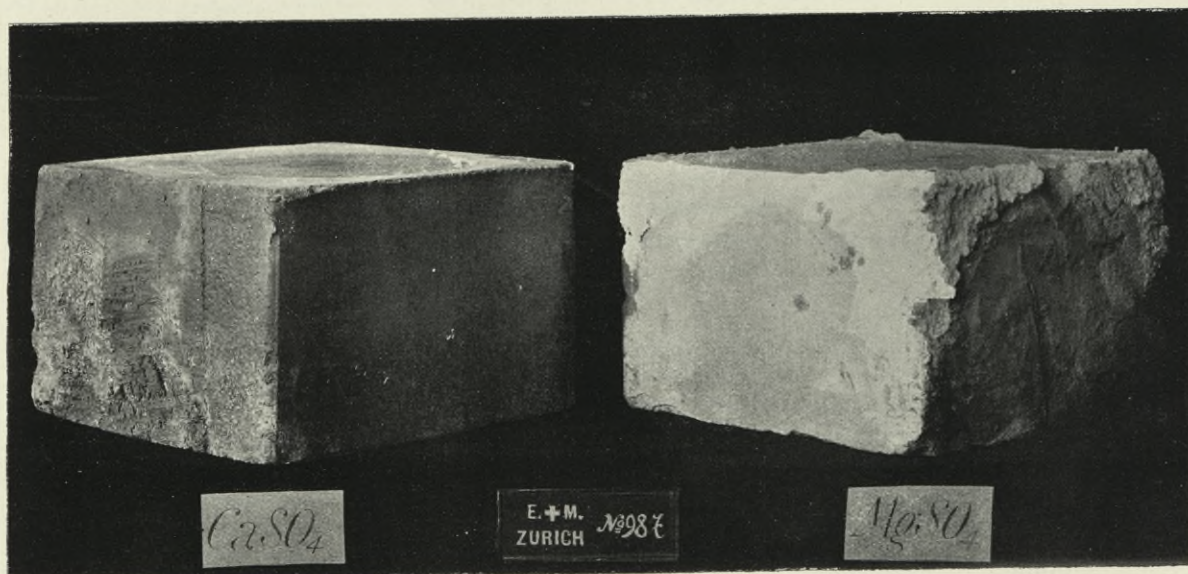
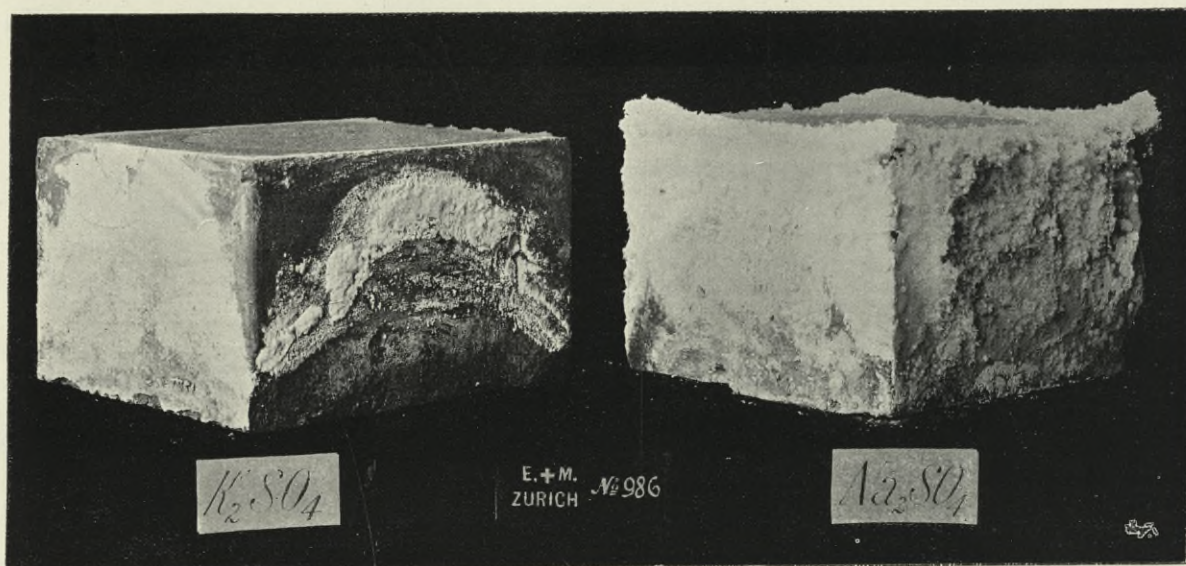
Im grossen Ganzen decken sich die Resultate beider Versuchsreihen sowohl unter-

einander als mit den *Mückler*'schen Versuchen. Wie gross die Unterschiede sind, die bei ein- und demselben Steinmaterial und unter sonst genau gleichen Versuchsbedingungen auftreten, je nachdem zu den Durchtränkungsversuchen Na_2SO_4 , MgSO_4 , K_2SO_4 oder CaSO_4 -Lösung verwendet wird, geht am besten aus beiliegenden Photographien der betreffenden Versuchssteine selbst hervor. Um den Einfluss der verschiedenen Bindemittel, beziehungsweise ihres Gehalts an löslichen Salzen sowohl in qualitativer als quantitativer Hinsicht auf die Steine besser klar zu machen, sind die bezüglichen Daten in nachstehender Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

| No des Binde- mittels | Bezeichnung des Bindemittels | Gehalt an löslichen Salzen in % | Zusammensetzung der | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|---|---------------------|------------------------|--------------|--------------|----------------------|-----------------------|---------------|---------------|------|
| | | | SiO_2 | R_2O_3 | CaO | MgO | K_2O | Na_2O | CO_2 | SO_3 | Na |
| 1. | Portlandzement . . . | 2,68 | 0,13 | 0,35 | 13,40 | 0,54 | 34,94 | 8,57 | 29,30 | 7,27 | — |
| 2. | „ . . . | 4,12 | 0,15 | Spur | 1,15 | 0,43 | 48,54 | 8,19 | 17,07 | 23,16 | — |
| 3. | Schlackenzement . . . | 2,43 | 1,14 | 0,25 | 30,50 | 0,52 | 9,84 | 5,22 | 11,43 | 4,86 | 0,38 |
| 4. | „ . . . | 1,78 | 0,16 | 12,15 | 18,40 | Spur | 18,29 | 7,05 | 6,82 | 28,30 | 0,26 |
| 5. | Hydraul. Kalk . . . | 2,48 | 0,28 | 5,80 | 5,90 | „ | 42,24 | 2,65 | 3,85 | 35,83 | — |
| 6. | „ „ . . . | 1,96 | 1,01 | 3,60 | 4,55 | „ | 44,11 | 2,44 | 3,08 | 40,75 | 0,43 |
| 7. | „ „ . . . | 3,39 | 0,39 | 0,25 | 24,75 | 0,42 | 23,36 | — | 9,50 | 16,81 | 1,28 |
| 8. | Weisskalk | 2,53 | 0,30 | Spur | 57,85 | 0,56 | — | — | 37,42 | 2,28 | 0,12 |
| 9. | Stückkalk | 2,41 | 0,31 | „ | 55,60 | 0,39 | — | — | 41,30 | 1,74 | Spur |
| 10. | Weisskalk | 2,90 | 0,30 | „ | 51,20 | 0,61 | 1,72 | 1,35 | 12,12 | 1,93 | 0,08 |
| 11. | Schwarzkalk | 2,89 | 0,25 | „ | 42,95 | 0,55 | 7,32 | 1,60 | 17,80 | 3,45 | 0,11 |

Aus der ersten Kolonne der Tabelle geht einmal hervor, dass sämtliche Proben der untersuchten Bindemittel lösliche Salze und zwar in sehr erheblichem Masse enthalten. Im Allgemeinen zeigen aber die Ziffern dieser Kolonne keine derartigen Unterschiede, dass man behaupten könnte, es verhalte sich eine bestimmte Gruppe Bindemittel hinsichtlich des Gehalts an löslichen Salzen wesentlich ungünstiger als eine andere. Anders gestaltet sich aber das Bild, wenn wir die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Salze ins Auge fassen. Da fallen uns denn sofort die No. 8—11 auf, welche die Weiss- und Schwarzkalke umfassen und im Vergleich zu den übrigen Bindemitteln durch einen auffällig hohen Gehalt an CaO gekennzeichnet sind. Dieser Kalk stammt natürlich aus der Grundmasse des Bindemittels selber, wo er als freies Kalkhydrat vorhanden und

Tafel VI.



sich, obwohl schwerlöslich, bei der öftern Behandlung mit viel heissem Wasser gelöst und beim Eindampfen der Lösung und Trocknen des Rückstandes zum Teil wenigstens in CaCO_3 umgewandelt hat.

Bei den übrigen Bindemitteln (No. 1—7) tritt der Kalkgehalt stark zurück, dagegen dominieren durchwegs stark die Sulfate der Alkalien, insbesondere K_2SO_4 . Wasserlösliche Magnesiumverbindungen sind, wie ersichtlich, in allen untersuchten Bindemitteln nur in geringem Masse und überall sehr gleichmässigen Mengen vorhanden, ebenso Kochsalz und andere seltenere Verunreinigungen.

| löslichen Salze | | | | Aussehen der Steine nach dem Tränkversuch mit den Extrakten der Bindemittel | |
|-----------------|------|------|--|---|---|
| K | Cl | S | $\text{H}_2\text{O} +$ Org. Sub- stanz | I. Versuchsreihe | II. Versuchsreihe |
| — | 0,15 | — | 5,37 | Ziemlich deutliche Ausblühungen. | An einer Kante starke, an einer andern schwache Ausblühungen. |
| — | Spur | 2,28 | — | An den Ecken deutliche Ausblühungen. | Minimale Spuren von Ausblühungen. |
| — | — | — | 35,26 | Minimale Spuren von Ausblühungen. | An einer Ecke eine schwache Ausblühung. |
| — | 0,42 | — | 8,15 | Minimale Spuren von Ausblühungen. | Minimale Spuren von Ausblühungen. |
| — | 0,67 | — | 2,36 | An den Ecken starke Ausblühungen. | Keine Ausblühungen. |
| — | 0,67 | — | = | An zwei Ecken starke Ausblühungen | An zwei Ecken ziemlich starke Ausblühungen. |
| 0,99 | 2,87 | — | 19,38 | Spuren von Ausblühungen. | An zwei Seiten und zwei Ecken sehr starke Ausblühungen. |
| — | 0,19 | — | 1,28 | Keine Spur von Ausblühungen. | An einer Ecke eine schwache, an einer Seite eine rundliche Ausblühung von 6 mm Durchmesser. |
| — | Spur | — | 0,66 | Dito. | Keine Spur von Ausblühungen. |
| — | 0,12 | — | 30,53 | Dito. | An vier Ecken ziemlich starke Ausblühungen. |
| — | 0,18 | — | 25,79 | Dito. | An drei Kanten ziemlich starke Ausblühungen. |

Vergleichen wir nun die Wirkung der Extrakte der Bindemittel auf das Versuchsteinmaterial, so geben uns hierüber die beiden letzten Kolonnen der Tabelle die nötigen Aufschlüsse. Auf Grund der chemischen Analyse der in den verschiedenen Bindemitteln gefundenen löslichen Salze, sowie der auf Seite 225 u. 226 geschilderten Wirkungen jedes einzelnen dieser Salze auf Ausblühungen, wäre man berechtigt zu erwarten, dass die mit den Extrakten von No. 1—7 behandelten Steine unbedingt viel stärkere Ausblühungen zeigen müssten, als die mit den Lösungen No. 8—11 behandelten. Die Resultate der I. Versuchsreihe würden diesen Erwartungen auch ziemlich entsprechen. Die Kontrollversuche der II. Versuchsreihe, die unter denselben Bedingungen vorgenommen worden, ergaben aber, wie man sieht, von der I. Versuchsreihe zum Teil stark abweichende Resultate,

welche deutlich zeigen, wie wohl man, um voreilige Schlüsse zu vermeiden, daran tut, derartige Versuche mindestens zweimal zu wiederholen. So sehen wir z. B. bei No. 5 (Hydraulischer Kalk), dass beim ersten Tränkversuch an den Ecken des Versuchsteins starke Ausblühungen, beim Kontrollversuch dagegen gar keine solchen auftreten.

Bei der ersten Versuchsreihe erzeugten die Extrakte von No. 8–11 (Weiss- und Schwarzkalk) durchwegs keine Spur von weissen Verfärbungen oder Ausschwitzungen, beim Kontrollversuch in drei Fällen dagegen ziemlich deutliche.

Es ist kaum anzunehmen, dass in beiden Fällen die Steine, die vom selben Brand und genau derselben Stelle im Ringofen herrührten, in ihren Porositätsverhältnissen soweit verschieden waren, um daraus die auffälligen Unterschiede hinsichtlich der Ausblühungen zu erklären; wir müssen vielmehr annehmen, dass hier noch andere Faktoren mitspielten, so namentlich auch die Geschwindigkeit, mit der das Wandern der Salzlösungen durch den Stein, beziehungsweise die Verdunstung des eingesogenen Wassers an der Oberfläche sich vollzieht, Faktoren, die von den äussern Witterungsverhältnissen, d. h. der Temperatur der umgebenden Luft und ihrem Feuchtigkeitsgehalt abhängen. Da im vorliegenden Fall die erste und zweite Versuchsreihe nicht gleichzeitig nebeneinander, sondern im Verlauf von einigen Monaten nacheinander ausgeführt wurden, so waren in dieser Richtung die Versuchsbedingungen natürlich nicht genau dieselben.

Durch diese Erscheinungen wird die durch die vorangehenden Versuche nachgewiesene Tatsache, dass verschiedene Salze auch sehr verschiedene Ausblühungen erzeugen natürlich nicht umgestossen. Nach wie vor wird man Bindemittel, deren lösliche Salze einen hohen Prozentgehalt von K_2SO_4 oder Na_2SO_4 aufweisen, bei ihrer Verwendung zu Mörteln für Verblendsteinbauten jedenfalls als bedenklicher ansehen müssen als solche, die nur unbedeutende Mengen genannter Salze enthalten. Dass Architekten und Baumeister zu Verblendsteinbauten auf Grund ihrer praktischen Erfahrungen ihre Mörtel vorzugsweise mit Weisskalk und nicht mit hydraulischem Kalk zubereiten, ist bekannt und würde seine volle Rechtfertigung in den Analysen obiger Tabellen finden.

Weisse Anflüge an Verblendsteinen können aber nicht nur aus den in den Steinen selbst enthaltenen löslichen Salzen, auch nicht nur aus den löslichen Bestandteilen der verwendeten Bindemittel, sondern sehr wohl auch von festen, aber feinverteilten Bestandteilen dieser letztern herrühren. Es ist schon bei Besprechung der Resultate der Tabelle auf Seite 225 darauf hingewiesen worden, dass sich aus den erhärteten, sodann grob pulverisierten Mörteln der Bindemittel No. 1–7 beim längern Stehen mit destilliertem Wasser ein überaus feiner, weisslicher, flockiger Schlamm absonderte, dessen Natur noch nicht näher untersucht wurde. Es ist also sehr wohl denkbar, dass unter dem Einfluss von Regenwasser aus dem vermauerten Mörtel derartige Produkte ausgewaschen und auf die Oberfläche der Steine geführt werden, um dort zu Verfärbungen Anlass zu geben.

Ob die an Verblendsteinfaçaden häufig beobachteten weissen Ausblühungen aus den verwendeten Backsteinen oder aus dem Mörtel oder gar aus beiden Materialien gleichzeitig entstammen, ist eine Frage, die zu entscheiden dem Fachmann hie und da vorkommen kann. Sie kann natürlich mit Sicherheit stets nur dann entschieden werden,

wenn von den betreffenden Steinen und dem Bindemittel noch unvermauertes Reserve-material in intaktem Zustand vorhanden ist.

Es sei zum Schluss unserer Betrachtungen über diesen Gegenstand ein derartiger Fall aus der Praxis im Nachstehenden noch etwas eingehender geschildert:

An der Aussenseite eines in Zürich stehenden Backsteinrohbaus, ausgeführt aus hellockerfarbigen, also stark kalkhaltigen und stark porösen Backsteinen, zeigten sich etwa 2 Jahre nach seiner Fertigstellung ausgedehnte weisse krystallinische Ausblühungen. Auffallend war, dass einzelne Steine, die alle aus der nämlichen Fabrik, wenn auch vielleicht nicht vom nämlichen Brand herrührten, vollständig frei von Ausblühungen waren, während andere gleich nebenan dicke weisse Krusten aufwiesen, die man mit dem Messer als zusammenhängende grössere Blätter leicht ablösen konnte. Eine eingehendere Besichtigung der Façade zeigte, dass alle Steine ohne Ausblühungen einen deutlichen Stich ins Grünliche besitzen, was darauf hindeutet, dass sie entweder in reduzierender Flamme oder etwas scharf gebrannt waren, während die Steine mit Ausblühungen eine etwas mehr rötliche Nuance zeigten. Es wurde vorerst eine grössere Partie weisser Krusten von der Façade abgelöst und qualitativ und quantitativ analysiert. (Siehe Kolonne I in der Tabelle auf Seite 230). Wie man sieht, bestehen diese Krusten weitaus zur Hauptsache aus schwefelsaurem Kalium.

Da von den zu fraglichem Bau verwendeten Backsteinen sich zufällig noch ein kleines Quantum vorfand, das in einem gedeckten, trockenen Raum aufbewahrt worden, so war es möglich, diese Steine hinsichtlich ihres qualitativen und quantitativen Gehalts an löslichen Salzen, sowie ihrer Neigung zu Ausblühungen genauer zu untersuchen.

Eine Durchschnittsprobe dieser Steine ergab folgenden Gehalt an löslichen Salzen:

| I. Bestimmung: | II. Bestimmung: | Mittel: |
|----------------|-----------------|---------|
| 0,298% | 0,307% | 0,303% |

Es wurde nun 1 kg Steinpulver in vorschriftsgemässer Weise mit kochendem destilliertem Wasser ausgelaugt, die Lösung filtriert, eingedampft und getrocknet. Dieses Extrakt wurde hierauf qualitativ und quantitativ analysiert, um nachzuweisen, ob es die nämliche Zusammensetzung hat, wie die an den Steinen beobachteten Ausblühungen (Kolonne II der Tabelle auf Seite 230).

Haben beide Produkte ungefähr die nämliche Zusammensetzung, so ist bewiesen, dass die Ausblühungen aus den im Stein enthaltenen löslichen Salzen stammen, ist ihre Zusammensetzung dagegen eine wesentlich verschiedene, so muss notwendigerweise angenommen werden, dass die Ausblühungen entweder aus dem verwendeten Mörtel allein oder aus Stein und Mörtel gleichzeitig stammen.

Auch von dem hydraulischen Kalk, der seinerzeit zur Mörtelbereitung für fraglichen Bau gedient hatte, war noch vorhanden. Aus einer Quantität desselben wurden mit Zusatz von destilliertem Wasser Probewürfel hergestellt, diese nach völliger Erhärtung pulverisiert, das Pulver durch das 900-Maschensieb gesiebt, mit kochendem Wasser extrahiert und im Extrakt die löslichen Salze quantitativ und qualitativ bestimmt.

Es betrug der Gehalt des hydraulischen Kalks an löslichen Salzen:

| I. Bestimmung: | II. Bestimmung: | Mittel: |
|----------------|-----------------|---------|
| 0,860% | 0,873% | 0,866% |

Die qualitative und quantitative Zusammensetzung dieser Salze findet sich in Kolonne III nachstehender Tabelle:

| | I | II | III |
|-----------------------------------|--|--|--|
| | Krusten von den vermauerten Steinen abgelöst | Salze, extrahiert aus den Reservesteinen | Salze ausgelaugt aus dem zum Mörtel verwendeten hydraulischen Kalk |
| | % | % | % |
| Ca O | 0,23 | 9,45 | } Spur |
| Mg O | 0,51 | 2,27 | |
| K ₂ O | 49,94 | 20,37 | 45,90 |
| Na ₂ O | 3,64 | 21,07 | 3,97 |
| R ₂ O ₃ | — | 0,20 | 13,78 |
| SO ₃ | 46,20 | 40,23 | 17,25 |
| Si O ₂ | — | 3,60 | — |
| Cl | — | — | — |
| CO ₂ | — | — | 17,18 |
| H ₂ O + Org. Subst. | — | 2,79 | 0,47 |

Es wurden im Weiteren mit drei der Reservesteine auch Tränkversuche mit dest. Wasser vorgenommen, um nachzuweisen, ob die Ausblühungen auch künstlich hervorgerufen werden können. Nach Verfluss von einigen Wochen zeigten alle drei Steine starke Ausblühungen, womit vorerst der Beweis erbracht ist, dass die an den vermauerten Steinen beobachteten Ausblühungen allermindestens zum Teil aus den Steinen herrühren.

Vergleichen wir die drei chemischen Analysen in obiger Tabelle, so sehen wir, dass alle drei erheblich differieren. K₂SO₄, der fast ausschliessliche Bestandteil der Ausblühungen, findet sich sowohl in den Steinen, als im Bindemittel; in den Steinen aber auch ausserdem sehr viel Na₂SO₄. Es ist darum einigermaßen befremdend, dass dieses Salz, das doch, wie wir früher gesehen, sogar leichter auswittert als K₂SO₄, in den Ausblühungen nur in geringer Menge vorhanden ist. Es deutet diese Erscheinung mit Bestimmtheit darauf hin, dass das Na₂SO₄ mit der Tonmasse eine sehr innige, in kaltem Wasser nur schwer lösliche Verbindung eingegangen ist, die nur durch wiederholte Behandlung des feinst pulverisierten Steinmaterials mit kochendem Wasser gelöst wird. Dass dagegen der in den Steinen sich in ziemlicher Menge vorfindende Gyps in den Ausblühungen sehr spärlich vertreten, ist bei der an und für sich schweren Löslichkeit und der, wie wir gesehen, sehr geringen Diffundierbarkeit dieses Salzes eher verständlich. Auffallend ist aber der hohe Gehalt der ausgewitterten Krusten an K₂SO₄, da doch, wie wir gesehen, dieses Salz viel schwerer auswittert als Na₂SO₄ und anzunehmen ist, dass es ähnlich, wie das Na₂SO₄ im vorliegenden Fall, zufolge inniger Verbindung mit der Tonmasse und daheriger geringer Löslichkeit nur wenig zu Ausblühungen neigt. In Anbetracht dieser beiden Umstände und des weiteren, dass andererseits das Bindemittel viel K₂SO₄ enthält, ist mit Sicherheit anzunehmen, dass sowohl dieses, wie auch die Steine zu den Ausblühungen beigetragen haben.

Geschichtliche Mitteilungen, Statistische Angaben
und
Wirtschaftliche Betrachtungen
über die
Schweiz. Tonindustrie

von

Dr. ROB. MOSER, Ingenieur,
Zürich.



Mit 10 Figuren im Text.

Geschichtliche Mitteilungen.

Die Verwendung des Tones zu Gewerbe- und Bauzwecken ist nahezu so alt als das Menschengeschlecht, nur den ersten, in Höhlen wohnenden und sich meist nur von der Jagd und dem Fischfang nährenden Ureinwohnern scheint sie unbekannt gewesen zu sein, während zahlreiche Funde bekunden, dass schon die ältesten Kulturvölker in den verschiedensten Ländern die guten Eigenschaften des Tones zu benutzen wussten. Auch hier sind es wieder die Länder des fernen Osten, bei denen diese Kultur, wie so manche andere, ihre erste Heimat gefunden hat. Alte Tempel, öffentliche Gebäude und Mauern in uns ungewohnten Dimensionen und Formen zeigen schon die Verwendung von ungebrannten und gebrannten Steinen und wenn sich das genaue Alter derselben auch noch nicht nachweisen lässt, so muss doch angenommen werden, dass diese ältesten Kulturstätten in China, Japan und Indien auch hierin allen andern Ländern vorgegangen sind.

Reste alter Ziegelbauten werden sodann auch vielfach in Ägypten gefunden. In neuerer Zeit soll z. B. bei Nachgrabungen, die der Vizekönig von Ägypten anordnete, eine 8 Meilen lange Ringmauer entdeckt und festgestellt worden sein, dass sich deren Fundamente, wie auch diejenigen des in der Mitte liegenden Belustempels, in einer Tiefe von 20—24 Meter unter der jetzigen Nilebene befinden. Hieraus wurde unter Annahme einer regelmässigen, langsamen, jährlichen Erhöhung des Niltales das Alter dieser aus Ziegeln bestehenden Bauten auf nicht weniger als 12000 Jahre berechnet.

Auch einige Pyramiden bestehen aus Ziegelmauerwerk und es liess König Asychis, der Erbauer einer solchen, eine Steintafel mit folgender Inschrift anbringen: „Halte mich „nicht gering im Vergleich mit den steinernen Pyramiden, denn ich rage vor ihnen „ebenso hervor, wie Zeus vor den übrigen Göttern. Denn mit der Stange in den See „stechend, sammelten sie, was von Schlamm an der Stange hängen blieb, strichen Ziegel „daraus und erbauten mich auf solche Weise.“

Die alten Ägypter verfertigten auch bereits 3000 Jahre v. Chr. keilförmige Steine für die Decken aus Steinbalken, welche wohl als die ältesten Gewölbekonstruktionen zu betrachten sind.

Im Allgemeinen wurden in Ägypten die Steine meist nur getrocknet und ungebrannt verwendet und nur die äussern Steine der Mauern oder die sogenannten Verblendsteine wurden gebrannt, um den innern Kern vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Ausführlicher berichtet Herodot, geb. 484 v. Chr., über die Backsteinbauten Babylons, bei denen hauptsächlich gebrannte und auch bereits mit Glasur versehene Steine, Platten, und Fliesen zur Verwendung kamen, deren Alter mit Sicherheit bis 3000 Jahre v. Chr.

nachgewiesen ist. Auch der Text im I. Buch Moses, Kap. 11, 3—9: 3. „Und sprachen „unter einander: Wohlauf lasst uns Ziegel streichen und brennen. Und nahmen Ziegel „zu Stein und Ton zu Kalk.“*) 4. „Und sprachen: Wohlauf, lasst uns eine Stadt und „Turm bauen, des Spitze bis an den Himmel reiche, etc.“ und 9.: „Daher heisst ihr „Name Babel, etc.“ bezieht sich ohne allen Zweifel auf den cr. 600 Jahre v. Chr. erbauten Babylonischen Turm. Die Stadt liegt schon seit mehr als 2000 Jahren in Trümmern, die hauptsächlich aus gebrannten und mit Namensstempeln versehenen und nur zum kleineren Teil aus ungebrannten Lehmziegeln bestehen, die selten durch Kalkmörtel, sondern meist mit Erdharz oder Asphalt verkittet sind.

Nichts ist natürlicher, als dass diese mehr oder weniger ausgebildete Ziegeltechnik der Vorzeit im klassischen Altertum sich zu weiterer, sehr hoher Stufe entwickelte. Die Griechen und später die Römer leisteten in nahezu allen Zweigen der Keramik Vorzügliches; wir bewundern heute noch ihre mannigfachen Erzeugnisse, von denen namentlich die zahlreich aufgefundenen hellenischen Vasen, Statuetten, Ampeln und Geräte aller Art eine technische Vollendung und einen Formenreichtum zeigen, die noch heute kaum zu übertreffen sind.

Die Römer hatten vollständige Kenntnis der Ziegelfabrikation und der Keramik. Vitruvius, ein römischer Architekt, berichtet in seinem 13 Jahre v. Chr. erschienenen Werke bereits in ausführlicher Weise über diesen Gegenstand und es ist aus diesen in alle Einzelheiten eingehenden Darstellungen auch zu ersehen, dass der Backsteinbau bei den Römern bereits die verbreitetste Anwendung gefunden hat. So finden sich denn auch in der Schweiz bei vielen Bauten römischen Ursprungs vorzüglich erhaltene Ziegel und keramische Produkte, die alle ein beredtes Zeugnis ablegen für die hohe Stufe, auf der sich diese Kunst bei den Römern befunden hat. Mit dem Untergang des römischen Reichs im 4. und 5. Jahrhundert n. Chr. scheint sich jedoch diese Technik vorerst vollständig verloren zu haben, um dann einige Jahrhunderte später, im Mittelalter, in Oberitalien, am Niederrhein, in Holland, Flandern und im Norden von Deutschland wieder zu neuer Blüte zu gelangen. Zahlreiche Bauten jener Periode, Kirchen, Basiliken, Burgen, Börsen und öffentliche Gebäude aller Art, bei denen mit Vorliebe auch glasierte und farbige Ziegel verwendet wurden, zeigen, auf welcher hohen Stufe diese Kunst sich wieder gehoben hatte. Im 11. und besonders im 12. Jahrhundert unserer Zeitrechnung sind zuerst in Oberitalien viele Ziegelbauwerke im romanischen Stil entstanden, wie z. B. die Kirchen S. Ambrogio in Mailand, S. Maria del Carmine in Pavia, S. Lorenzo in Cremona, S. Michele in Pavia u. a. m., die als monumentale und künstlerisch durchgebildete Schöpfungen trotz den verhältnismässig geringen Mitteln des Ziegelbaues noch heute Bewunderung erregen. Wie nachgewiesen ist, verbreitete sich diese Technik durch deutsche Meister im 12. Jahrhundert von Oberitalien nach Norddeutschland und unter dem Einflusse der in den angrenzenden westlichen Ländern Holland und Normandie üblichen älteren Bauweise entstanden vielfach eigenartige Bauten von ebenfalls hohem künstlerischem Wert, von denen vor allem die beiden Klosterkirchen von Jerichow und Lehnin hervorzuheben sind.

Auch in späteren Zeiten des Mittelalters, zur Zeit der Gothik, sind Backsteine und

*) Nach Beratung eines Sprachkundigen ist diese Stelle nicht richtig übersetzt und sollte etwa lauten: „Und nahmen Ziegel statt Stein und Erdharz statt Mörtel“.

noch später, zur Zeit der Renaissance, namentlich noch Terracotten zur Anwendung gekommen, bis mit Anfang des 18. Jahrhunderts diese Bauweise mehr und mehr zurückging und keramische Produkte in der Baukunst sozusagen ganz verschwanden. Erst um die Mitte des 19. Jahrhunderts machte sich auch auf diesem Gebiete eine Wiederbelebung geltend und ist zugleich durch das Hinzukommen von Maschinen die Technik eine wesentlich andere geworden, wie auch vielfach bei Verwendung keramischer Produkte in Verbindung mit Eisen und Stahl im modernen Bauwerk nach neuen Stilformen gesucht worden ist.

In der Schweiz ist nach der römischen Zeit eine ausgedehntere Verwendung von Backsteinen und keramischen Produkten bei den Bauten während Jahrhunderten nicht mehr vorgekommen. Wohl wurden im Kloster St. Urban und wahrscheinlich auf dessen Anregung in einigen andern Klöstern, Fraubrunnen, Beromünster und vielleicht auch Frienisberg, reichverzierte Backsteine mit eingepressten Ornamenten erstellt, deren Güte und Technik wir heute noch bewundern und die zum Teil von hervorragender Schönheit sind, doch handelt es sich dabei offenbar nicht um eine Massenfabrikation und noch weniger um eigentliche Backsteinrohbauten, da Überreste solcher nicht gefunden werden. Im Schweiz. Landesmuseum in Zürich, sowie in verschiedenen kantonalen und städtischen Museen finden sich dagegen viele dieser Werkstücke, die als Fenster- oder Türeinfassungen, Gesimse oder auch als Fliesen und Platten Verwendung fanden. Nach einer Abhandlung des Hrn. Dr. Zemp: „Die Backsteine von St. Urban“, die mit zahlreichen Abbildungen der gefundenen Handstücke versehen ist und auf die ganz besonders aufmerksam gemacht wird, ist das Auftreten dieses Kunstzweiges in St. Urban vorläufig ein noch unerklärtes Phänomen und es schwebt über dem Anfang, sowie über dem Untergang desselben noch ein rätselhaftes Dunkel. Um die Mitte des 13. Jahrhunderts entstehen die ersten mit Werkstücken von St. Urban verkleideten Bauten, zu Anfang des 14. Jahrhunderts hat der Betrieb bereits aufgehört und es verlieren sich alle Spuren eines solchen in St. Urban.

Eine etwas ausgedehntere Verwendung von Backsteinen findet sich in der Zwischenzeit, d. h. zwischen römischer und der neuen Zeit, nach der Kunstgeschichte des Hrn. Prof. *Rahn* nur bei einigen im 14. Jahrhundert erbauten Burgen und Schlössern der Westschweiz, in Estavayer, Grandson, Lausanne und namentlich bei dem prachtvollen Schloss Vufflens oberhalb Morges, von welchem letzterem im gleichen Werke (pag. 435—436) gesagt wird: „Die hierfür angewendeten Details sind, wie selten der Backsteinbau in „diesen Gegenden geübt wurde, mit vollem Verständnis dieser Technik gebildet. Rollfriese, unter denen von Ziegellagen gebildete Zickzackstreifen hervortreten, bilden die „Trennung zwischen den einzelnen Etagen und bezeichnen das Auflager der Fenster, die „gewöhnlich von rundbogigen Blenden umrahmt sind. Dieselben Formen zeigen die „Kranzgesimse über den Mordgängen und Türmen, wo das oberste Stockwerk, weit über „die Wurflöcher ausladend, von Konsolen und Rundbögen getragen wird.“

Wenn nun auch von da an oder von Anfang des 14. Jahrhunderts bis in die neueste Zeit keine Bauten mehr zu finden sind, bei denen Backsteine in ausgedehnterem Masse zur Verwendung gekommen sind, so darf nicht daraus geschlossen werden, dass nun die Technik des Tonbrennens ganz verschwunden sei. Flach- und Hohlziegel sind jedenfalls zu allen Zeiten erstellt worden, bekannt ist auch, dass viele Städte eigene Ziegeleien

besaßen, so z. B. Zürich vor dem ehemaligen Rennwegtore, und es muss ohne weiteres angenommen werden, dass der Bedarf an Ziegeln für die Bedachung zu allen Zeiten im Lande selbst beschafft wurde. Bei den Verkehrs- und Transportgelegenheiten, mit denen es in dieser Zeit nicht gut bestellt war, ist an eine Zufuhr von Aussen unbedingt nicht zu denken und daher nichts anderes anzunehmen, als dass dieses Material im Lande selbst erzeugt worden ist.

Ebenso lässt sich die Verwendung des Tones zu gewerblichen Zwecken, wie namentlich zu Ofenkacheln, Gefässen, schon in früheren Zeiten nachweisen. Zu grossem Rufe brachte es besonders die Hafnerei in Winterthur, die vom 16. bis etwa Mitte des 18. Jahrhunderts den Markt weit herum nahezu unumschränkt beherrschte. Während des 17. Jahrhunderts sollen daselbst nicht weniger als 38 zünftige Meister tätig gewesen sein, ohne Zweifel eine erstaunlich hohe Zahl für die damalige Bevölkerung von kaum 2000 Seelen. Trotz der grossen Transportschwierigkeiten jener Zeiten verbreiteten sich die Winterthurer Öfen und Produkte weit über die Ost- und Zentralschweiz hinaus bis in die fernsten Täler von Graubünden und Vorarlberg, sowie nach Süddeutschland. Diese Öfen zeigen meist reichen Bilderschmuck und sind mit oft recht treffenden Sprüchen versehen; sie werden als phantasievolle Kunstwerke in heutiger Zeit sehr geschätzt und in Museen aufbewahrt.

Gleichzeitig und ebenfalls in Winterthur blühte die Erstellung von künstlichen Tonwaren und Produkten aller Art, wie von Schüsseln, Tellern, Platten, Krügen, Lichte weibchen etc. Dabei waren grosse Schüsseln und Wappenplatten, die gewöhnlich nur auf Bestellung angefertigt und mehr zur Dekoration als zum Gebrauch verwendet wurden, besonders beliebt und geschätzt.

Auch in andern Kantonen, besonders im Kanton Bern, in Langnau im Emmental, Heimberg, in einigen Ortschaften des Simmentales, sowie im Jura und ebenso in Freiburg, wurden schon frühzeitig aus Ton Geschirre aller Art erzeugt, die durch fahrende Händler weit im Lande herum verbreitet wurden.

Die Töpferei in Heimberg scheint jedoch nach neueren Nachforschungen erst gegen das Ende des 18. Jahrhunderts entstanden zu sein, in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts aber einen raschen Aufschwung genommen und ihre höchste Blütezeit um die Mitte der 70er Jahre erreicht zu haben. Ein guter Arbeiter soll damals neben freier Verköstigung bis zu 7 Fr. im Tag verdient haben. Heute ist jedoch die damalige Hausindustrie stark zurückgegangen und nur die Kunsttöpferei Wanzenried im nahen Steffisburg scheint eine Ausnahme zu machen; sie liefert mit Hülfe von wirklichen Künstlern hervorragende Zierstücke, Platten, Vasen, Krüge etc., die sowohl durch gefällige Formen als hübsche Bemalung sich einen guten Namen gemacht und viel Verbreitung gefunden haben. Zur Zeit zählt Heimberg mit der Umgebung noch etwa 50 Töpfereien mit 200—220 Arbeitern, welche nebenbei noch in der Landwirtschaft tätig sind und mit Hülfe derselben ihr spärliches Auskommen finden. Im Jahr 1879 gab es dagegen 62 Töpfereien, deren Gesamtproduktion einen Betrag von 225,000 Fr. im Jahr erreicht haben soll.

Viel älter sind die Töpfereien von Langnau im Emmental, im Simmental und Jura, von denen sich in neuerer Zeit besonders die Töpferei von Bonfol bei Pruntrut durch eigenartiges irdenes, recht brauchbares und nützliches Geschirr einen bedeutenden Ruf und zunehmenden Absatz erworben hat.

Der Verfall der alten Heimberger Industrie ist zum Teil darauf zurückzuführen, dass die Werkstätten nicht eigene Tonlager besitzen, sondern das Rohmaterial aus verschiedenen Gruben der Umgebung kaufweise und wegen bedeutender Transportkosten zu hohen Preisen beziehen müssen. Hauptsächlich aber fehlt es an neuen Anregungen; der Sohn geht in die Werkstatt des Vaters, macht hier die Lehrzeit und übernimmt später den althergebrachten Betrieb ohne je eine fremde Töpferei gesehen oder eine Spezialschule besucht zu haben. Rationelle Einrichtungen und Neuerungen kommen bei dem Konservatismus dieser Leute nicht auf, wie ebensowenig Schutzvorrichtungen gegen die gefährlichen bleihaltigen Glasuren vorhanden sind, so dass kränkliche und traurige Gestalten nicht selten unter den Einwohnern zu treffen sind. Bereits ist denn auch die Anregung gemacht worden, es sollte hier der Staat ebenso einschreiten wie bei der Zündholzfabrikation und etwas für die Sanierung und Erhaltung der heimatlichen und einst so blühenden Industrie tun.

Zu erwähnen sind ferner die Fayencen, die zu Ende des 18. Jahrhunderts in der Nähe von Genf erstellt wurden, und endlich die Porzellanwaren, welche um die gleiche Zeit in Schoren am Zürichsee und in Nyon am Genfersee erzeugt wurden, zum Teil Kunsterzeugnisse, die noch heute sehr gesucht und geschätzt werden. Alle diese Betriebe oder Fabriken vermochten sich jedoch nicht lange zu halten und gingen zum Teil infolge geringen Rohmaterials, namentlich aber wegen finanzieller Schwierigkeiten schon zu Ende des 18. oder zu Anfang des 19. Jahrhunderts wieder ein.

Kriege und innere Wirren, die ungefähr zu gleicher Zeit auftraten, waren dem Bestehen und Aufkommen neuer Industrien nicht günstig und erst mit Annahme der neuen Bundesverfassung im Jahre 1848 trat in der Schweiz eine wesentliche Besserung ein, die durch den Bau der Eisenbahnen, der bald darauf einsetzte, einen Um- und Aufschwung bewirkte. Die seitherige geradezu enorme Entwicklung unseres Landes auf nahezu allen Gebieten kam insbesondere auch dem Baugewerbe und den verwandten Gebieten, so namentlich auch der Tonindustrie zugute. Es wurden eine Menge von Backstein- und Ziegelfabriken neu errichtet, ältere schon bestehende Werke aber ausgedehnt und mit maschinellen Einrichtungen versehen. Die Bewegung ist in den letzten Jahren etwas zum Stillstand gekommen, wird aber vielleicht und hoffentlich infolge der neuen Untersuchungen durch die geotechnische Kommission wieder neu aufleben und auf Gebieten einsetzen, auf denen unser an Rohmaterialien so reiches Land, wie den später folgenden Zusammenstellungen aus den Zolltabellen zu entnehmen ist, noch viel zu sehr vom Auslande abhängig ist, da es von auswärts eine Menge von Tonwaren bezieht, die gerade so gut im eigenen Lande erzeugt werden könnten.

Statistische Angaben.

In höchst verdankenswerter Weise hat der frühere Sekretär des schweiz. Zieglervereins, Hr. Dr. *Oesch*, ein namentliches Verzeichnis der sämtlichen irgendwie erheblichen Ziegeleien unseres Landes mit Angabe der Produktionsfähigkeit, Arbeiter- und Oefenzahl angefertigt, das sich mit demjenigen der von der geotechnischen Kommission

untersuchten Firmen nicht vollständig deckt und eine Anzahl weiterer Ziegeleien enthält, die von der Kommission nicht untersucht werden konnten, weil sie nicht nur die Abgabe des Materials, sondern auch den Zutritt verweigerten und keinerlei Belehrung zugänglich waren. Dieser am unrichtigen Ort angebrachte Egoismus der Produzenten ist kaum begreiflich und umsomehr zu bedauern, als diese sich nun zu ihrem eigenen Schaden von den Vorteilen ausgeschlossen haben, welche diese neuern umfassenden Untersuchungen ganz unzweifelhaft zur Folge haben werden. Es ist auch auffallend, wie gerade in unserem Lande derartige Untersuchungen im allgemeinen gescheut werden und dass Behauptungen laut werden können, es seien solche von keinem Nutzen. Das richtige Verständnis für solche auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebaute Untersuchungen kann allerdings nicht von jedermann gefordert werden, dagegen dürfte doch erwartet werden, dass eine Kommission, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, auf den Reichtum unseres Landes an Baumaterialien aufmerksam zu machen und an der Hebung der bezüglichen Industrien zu arbeiten, etwas mehr Entgegenkommen finden würde.

Zusammenstellung der schweizerischen Ziegeleien.

| Kanton: | Fabriken | Produktion Backst. | Arbeiter | Oefen |
|----------------------------------|----------|--------------------|----------|-------|
| 1. Aargau | 32 | 23,100,000 | 940 | 32 |
| 2. Appenzell A.-Rh. | 4 | 3,750,000 | 135 | 4 |
| „ J.-Rh. | 2 | 1,200,000 | 50 | 2 |
| 3. Basel-Stadt | 4 | 30,400,000 | 760 | 6 |
| „ Land | 6 | 5,800,000 | 205 | 6 |
| 4. Bern | 54 | 80,500,000 | 2,585 | 57 |
| 5. Freiburg | 7 | 5,000,000 | 220 | 7 |
| 6. Genf | 4 | 22,000,000 | 520 | 4 |
| 7. Glarus | 1 | 200,000 | 20 | 1 |
| 8. Graubünden | 7 | 4,850,000 | 235 | 7 |
| 9. Luzern | 18 | 23,650,000 | 815 | 19 |
| 10. Neuenburg | 3 | 3,000,000 | 150 | 3 |
| 11. St. Gallen | 17 | 31,800,000 | 840 | 18 |
| 12. Schaffhausen | 12 | 17,800,000 | 655 | 14 |
| 13. Schwyz | 9 | 3,150,000 | 220 | 9 |
| 14. Solothurn | 7 | 6,600,000 | 240 | 7 |
| 15. Tessin | 5 | 5,800,000 | 235 | 5 |
| 16. Thurgau | 24 | 61,500,000 | 1,740 | 31 |
| 17. Unterwalden | 3 | 600,000 | 60 | 3 |
| 18. Uri | — | — | — | — |
| 19. Waadt | 33 | 31,650,000 | 1,525 | 34 |
| 20. Wallis | — | — | — | — |
| 21. Zug | 2 | 2,250,000 | 70 | 2 |
| 22. Zürich | 39 | 79,200,000 | 2,045 | 45 |
| Diverse Handziegeleien | 25 | 5,000,000 | 125 | 25 |
| Zusammen | 318 | 448,800,000 | 14,390 | 341 |

Nach dieser wie bereits erwähnt von Hrn. Dr. *Oesch* angefertigten Zusammenstellung, die eher noch etwas unter der Wirklichkeit bleiben dürfte, besitzt somit die Schweiz zur Zeit 318 Ziegeleien und Tonwarenfabriken mit 341 Oefen und beschäftigt im ganzen 14,390 oder nahezu 15,000 Arbeiter; dabei beträgt die jährliche Produktion oder vielmehr die Produktionsfähigkeit auf Backsteine bezogen oder umgerechnet 448,800,000 Stück, deren Wert bei heutigen Preisen auf etwa 18 Millionen Franken anzuschlagen ist. In den letzten Jahren waren jedoch die wenigsten Fabriken voll beschäftigt und bei Vergleichung der Ansätze mit den wirklichen Verkaufszahlen nach den Geschäftsberichten einzelner Gesellschaften wäre die Produktion auf nahezu die Hälfte herabzusetzen. Der weitaus grösste Teil der fabrizierten Waren wird im Inlande verwendet, indem nach den Zolltabellen die ausgeführten Tonwaren aller Art in früheren Jahren den Wert von 1 Million Franken nicht erreicht und nur im Jahr 1905 um ein kleines überschritten haben.

Eine Statistik über die Gewerbe und Fabriken, die sich mit der Erzeugung anderer keramischer Produkte beschäftigen, gibt es bis jetzt nicht und wird erst die Betriebszählung vom August 1905, deren Resultate noch nicht für alle Kantone vorliegen, genauere Aufschlüsse geben. Nach einer frühern Aufstellung, die Hr. *Alex. Koch*, Architekt, in seinem Bericht über Gruppe 17 (Keramik) der schweiz. Landesausstellung in Zürich 1883 gemacht hat, wären damals vorhanden gewesen:

| | Geschäfte | Öfen | Arbeiter | Anlagekapital Fr. | Jahresproduktion Fr. |
|------------------------------|-----------|------|----------|----------------------|-------------------------|
| Geschirrfabriken | 110 | — | — | — | — |
| Glasierte Kacheln und Oefen | 74 | 106 | 366 | 1,411,000 | 672,000 |
| Terracotten, Bauverzierungen | 1 | — | — | — | — |
| Backsteine, Ziegel | 237 | 246 | 3,925 | 14,000,000 | 5,400,000 |

Nicht nur die Fabrikation gewöhnlicher Backsteine, Ziegel etc., sondern auch und vielleicht noch mehr diejenige der andern Branchen hat seit jener Zeit eine erhebliche Vermehrung aufzuweisen und hat namentlich die Erzeugung von Steinzeugröhren und hartgebrannten Platten und Fliesen einen rühmlichen Aufschwung genommen.

Der schweiz. Handels- und Industrieverein hat im Jahr 1899 ebenfalls eine Zählung der in den verschiedenen, dem Fabrikgesetz unterstellten Industrien tätigen Personen und Maschinenkräfte veranstaltet und dabei folgendes Resultat gefunden:

| Fabrikationszweig | Betriebe | Arbeiter | Pferdekräfte |
|-------------------------------|----------|----------|--------------|
| Ziegel, Backsteine und Röhren | 181 | 5,163 | 4,418 |
| Ton- und Töpferwaren | 20 | 786 | 398 |
| Ofenkacheln etc. | 25 | 589 | 158,5 |
| Tonindustrie zusammen | 226 | 6,538 | 4,974,5 |

Die Übereinstimmung ist keine besondere, aber dadurch erklärlich, dass die kleineren Betriebe nicht dem Fabrikgesetz unterstellt sind und somit bei dieser Zählung nicht berücksichtigt werden konnten.

Weitere Anhaltspunkte gibt die eidgenössische Volkszählung vom Jahre 1900, mit welcher auch eine Zählung der Gewerbe verbunden war, von denen hier anzuführen sind:

- No. 63. Ziegel- und Backsteinbrennerei, Herstellung von Tonröhren,
- „ 87. Herstellung von Topfwaren und
- „ 88. Herstellung von Ofenkacheln und Öfen, Ofensetzerei.

In diesen Betrieben sind ernährt, bezw. tätig gewesen:

| | Kantone | 63. Ziegel und Backsteine etc. | | 87. Tonwaren | | 88. Ofenkacheln etc. | | Total | |
|-----|--------------------------|--------------------------------|--------|--------------|--------|----------------------|--------|----------|--------|
| | | Ernährte | Tätige | Ernährte | Tätige | Ernährte | Tätige | Ernährte | Tätige |
| 1. | Zürich | 1,642 | 768 | 132 | 71 | 1,283 | 503 | 3,057 | 1,342 |
| 2. | Bern | 2,613 | 875 | 601 | 241 | 973 | 358 | 4,187 | 1,474 |
| 3. | Luzern | 578 | 215 | 29 | 10 | 601 | 227 | 1,208 | 452 |
| 4. | Uri | — | — | 6 | 2 | 14 | 4 | 20 | 6 |
| 5. | Schwyz | 98 | 45 | — | — | 77 | 35 | 175 | 80 |
| 6. | Unterwalden o. d. W. . | 3 | 1 | — | — | 28 | 13 | 31 | 14 |
| 7. | Unterwalden n. d. W. . | 31 | 8 | — | — | 11 | 5 | 42 | 13 |
| 8. | Glarus | 28 | 12 | — | — | 30 | 12 | 58 | 24 |
| 9. | Zug | 89 | 36 | — | — | 45 | 21 | 134 | 57 |
| 10. | Freiburg | 345 | 101 | 27 | 10 | 49 | 23 | 421 | 134 |
| 11. | Solothurn | 270 | 104 | 65 | 22 | 175 | 66 | 510 | 192 |
| 12. | Basel Stadt | 81 | 28 | — | — | 280 | 104 | 361 | 132 |
| 13. | Basel Land | 868 | 370 | 2 | 1 | 154 | 61 | 1,024 | 432 |
| 14. | Schaffhausen | 426 | 205 | 194 | 72 | 92 | 37 | 712 | 314 |
| 15. | Appenzell A.-Rh. | 61 | 23 | — | — | 46 | 25 | 107 | 48 |
| 16. | Appenzell I.-Rh. | 35 | 9 | 2 | 1 | 26 | 8 | 63 | 18 |
| 17. | St. Gallen | 608 | 302 | 49 | 28 | 416 | 186 | 1,073 | 516 |
| 18. | Graubünden | 94 | 38 | — | — | 96 | 46 | 190 | 84 |
| 19. | Aargau | 827 | 313 | 10 | 4 | 446 | 152 | 1,283 | 469 |
| 20. | Thurgau | 732 | 339 | 10 | 5 | 279 | 102 | 1,021 | 446 |
| 21. | Tessin | 1,302 | 553 | 15 | 8 | 202 | 80 | 1,519 | 641 |
| 22. | Waadt | 1,139 | 420 | 365 | 155 | 275 | 120 | 1,779 | 695 |
| 23. | Wallis | — | — | 9 | 1 | 40 | 14 | 49 | 15 |
| 24. | Neuenburg | 124 | 64 | 40 | 17 | 155 | 74 | 319 | 155 |
| 25. | Genf | 144 | 62 | 193 | 95 | 319 | 174 | 656 | 331 |
| | Ganze Schweiz | 12,138 | 4,891 | 1,749 | 743 | 6,112 | 2,450 | 19,999 | 8,084 |

Auch die Resultate der Volkszählung von 1900 stimmen mit denjenigen des Zieglervereins nicht gut und können auch nicht stimmen, weil die Zählung im Winter oder zu einer Zeit erfolgte, zu der in den Ziegel- und Backsteinfabriken gerade am wenigsten Arbeiter in Tätigkeit sind.

Die sichersten Anhaltspunkte wird ohne Zweifel die neue Gewerbezahl von 1905 geben, die im Sommer vorgenommen wurde, die aber, wie schon erwähnt, noch nicht für alle Kantone zusammengestellt ist.

Nach gefl. Mitteilungen des eidgenössischen statistischen Bureau in Bern sind im Kanton Zürich gezählt worden:

33 Ziegel- und Backsteinfabriken mit 1077 Arbeitern und
107 keramische Betriebe „ 535 Arbeitern.

Um aber vollständig über die Wichtigkeit der Tonwarenindustrie orientiert zu sein, muss auch noch die Einfuhr an diesen Materialien in Betracht gezogen werden, worüber die vom schweiz. Zolldepartement herausgegebenen statistischen Tabellen vollkommenen Aufschluss geben. Die aussergewöhnliche Zunahme der Einfuhr im Jahr 1905 ist jedoch nicht allein den günstigeren wirtschaftlichen Verhältnissen, sondern auch teilweise dem Wechsel der Zollverhältnisse mit den Nachbarländern zuzuschreiben oder dem Umstand, dass im Jahr 1905 noch möglichst viele Waren zu den niedrigeren Zollansätzen und vor der Zollerhöhung des 1. Januar 1906 zur Einfuhr gelangten.

Es liegt in der Natur der Sache und ist leicht zu verstehen, dass in den Zolltabellen nicht von Anfang an die gleiche Einteilung beibehalten werden konnte und dass mit der Entwicklung einer Industrie und namentlich einer solchen, die, wie den folgenden Zusammenstellungen zu entnehmen ist, in einer so rapiden Entwicklung begriffen ist, immer neue Positionen angefügt werden mussten.

Die ersten Aufzeichnungen, die gemacht wurden oder wenigstens jetzt noch erhältlich sind, beginnen mit dem Jahr 1851 und es umfassen die ersten Jahrzehnte nur folgende Positionen:

Einfuhr in den Jahren 1851—1880 (Jahresdurchschnitt):

| Töpferwaren: | Gewicht Ctr. (100 kg) | | | Preis Fr. | Betrag in Fr. | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------|-----------|--------------|---------------|-----------|-----------|
| | 1851—1860 | 1861—1870 | 1871—1880 | | 1851—1860 | 1861—1870 | 1871—1880 |
| Ziegel, Backsteine etc. | 91,772 | 91,113 | 325,045 | 5 | 458,860 | 455,565 | 1,625,225 |
| Gemeine, glasiert etc. | 4,530 | 6,153 | 10,507 | 50 | 226,500 | 307,650 | 525,350 |
| Feine, Porzellan . . . | 5,200 | 7,930 | 14,047 | 100 | 520,000 | 793,000 | 1,404,700 |
| Ton, Lehm etc., roh . | 16,244 | 22,216 | 37,995 | 2 | 32,488 | 44,432 | 75,990 |
| Einfuhr zus. | 117,746 | 127,412 | 387,594 | — | 1,237,848 | 1,600,647 | 3,631,265 |

Ausfuhr:

| | | | | | | | |
|------------------------|--------|--------|---------|-----|---------|---------|-----------|
| Ziegel, Backsteine . . | ? | ? | 91,624 | 5 | ? | ? | 458,120 |
| Gemeine, glasiert etc. | 4,196 | 5,460 | 8,834 | 50 | 209,800 | 273,000 | 441,700 |
| Feine, Porzellan . . . | 1,349 | 1,858 | 2,362 | 100 | 134,900 | 185,800 | 236,200 |
| Ton, Lehm, roh . . . | 12,213 | 16,480 | 11,260 | 2 | 24,426 | 32,960 | 22,520 |
| Ausfuhr zus. | 17,758 | 23,798 | 114,080 | — | 269,126 | 491,760 | 1,158,540 |

Die Einheitspreise sind einer Botschaft des Bundesrates an die h. Bundesversammlung betreffend die Ausarbeitung eines neuen schweizerischen Zolltarifes vom 16. Juni 1877 entnommen und sind als Durchschnittswerte, die von Sachverständigen aufgestellt wurden, aufzufassen.

In den Jahren 1851/60 betrug hiernach die Einfuhr der gesamten Tonindustrie, die Rohmaterialien inbegriffen, im Jahresdurchschnitt nur 1,237,848 Fr., während der letzten Jahrzehnte der Periode 1871/80 jedoch mit 3,631,265 Fr. nahezu das Dreifache. Ungefähr auf gleicher Höhe erhält sich die Einfuhr im nächsten Jahrzehnt 1881/90; nachher aber beginnt eine vollständig neue Einteilung, wie aus den nachstehenden Zusammenstellungen zu entnehmen ist, in denen jedoch nur die Mittelwerte für die hauptsächlichsten in den Zolltabellen enthaltenen Artikel aufgeführt sind.

| Jahr | № 694. Dach-Falzziegel, roh | | | | | | № 696. Feuerfeste | | |
|------|-----------------------------|-------|---------|---------|-------|--------|-------------------|-------|---------|
| | Einfuhr | | | Ausfuhr | | | Einfuhr | | |
| | q | Preis | Fr. | q | Preis | Fr. | q | Preis | Fr. |
| 1891 | 148,033 | 3.51 | 473,706 | 10,410 | 2.60 | 27,063 | 85,446 | 5.— | 427,230 |
| 1892 | 132,666 | 3.51 | 466,074 | 9,870 | 2.75 | 27,103 | 65,751 | 4.92 | 323,213 |
| 1893 | 96,238 | 3.33 | 320,314 | 7,852 | 2.57 | 20,211 | 74,118 | 5.55 | 411,629 |
| 1894 | 87,897 | 3.36 | 295,366 | 8,223 | 2.62 | 21,568 | 84,650 | 5.26 | 444,930 |
| 1895 | 104,868 | 3.39 | 355,629 | 10,242 | 2.56 | 26,261 | 88,757 | 4.92 | 436,618 |
| 1896 | 121,403 | 3.41 | 414,438 | 10,900 | 2.70 | 29,486 | 104,506 | 4.63 | 483,709 |
| 1897 | 137,770 | 3.23 | 444,935 | 12,287 | 2.74 | 33,606 | 113,057 | 4.64 | 525,176 |
| 1898 | 127,792 | 3.39 | 433,504 | 13,294 | 2.58 | 35,620 | 136,543 | 5.45 | 744,478 |
| 1899 | 108,516 | 3.11 | 337,191 | 13,143 | 2.89 | 38,021 | 139,345 | 5.57 | 776,579 |
| 1900 | 72,754 | 3.10 | 225,816 | 18,625 | 2.81 | 52,258 | 110,422 | 5.63 | 622,075 |
| 1901 | 62,050 | 2.95 | 182,968 | 16,141 | 2.51 | 40,467 | 85,612 | 5.71 | 488,461 |
| 1902 | 64,331 | 2.90 | 186,673 | 14,318 | 2.60 | 37,160 | 85,859 | 5.59 | 480,270 |
| 1903 | 66,559 | 2.94 | 195,748 | 10,942 | 2.60 | 28,451 | 120,933 | 5.56 | 672,190 |
| 1904 | 80,798 | 2.94 | 237,855 | 13,466 | 2.54 | 34,139 | 98,191 | 5.52 | 541,846 |
| 1905 | 78,887 | 2.95 | 232,452 | 16,184 | 2.84 | 45,980 | 122,639 | 5.52 | 676,866 |

| Jahr | № 709. Gemeine Töpferwaren etc. | | | | | | № 710. Feine Töpfer- | | |
|------|---------------------------------|-------|-----------|-------|-------|--------|----------------------|-------|-----------|
| | q | Preis | Fr. | q | Preis | Fr. | q | Preis | Fr. |
| 1891 | 11,976 | 30.— | 359,280 | 2,223 | 38.15 | 84,800 | 11,125 | 80.— | 890,000 |
| 1892 | 10,611 | 30.— | 318,330 | 2,229 | 42.71 | 95,201 | 10,207 | 81.06 | 858,050 |
| 1893 | 9,642 | 30.— | 289,260 | 2,039 | 39.— | 79,523 | 10,425 | 82.52 | 860,207 |
| 1894 | 8,311 | 30.— | 249,330 | 2,032 | 37.89 | 76,995 | 11,998 | 82.44 | 889,100 |
| 1895 | 10,386 | 35.— | 363,510 | 1,843 | 38.65 | 71,234 | 14,389 | 82.46 | 1,186,570 |
| 1896 | 11,844 | 32.86 | 389,153 | 1,661 | 38.92 | 64,668 | 16,282 | 87.86 | 1,430,556 |
| 1897 | 13,361 | 33.12 | 442,528 | 1,701 | 42.62 | 72,493 | 17,706 | 83.87 | 1,484,920 |
| 1898 | 14,615 | 33.28 | 486,402 | 1,818 | 42.87 | 77,925 | 16,456 | 94.05 | 1,547,702 |
| 1889 | 15,142 | 34.97 | 529,450 | 1,836 | 46.04 | 84,552 | 17,762 | 84.19 | 1,495,465 |
| 1900 | 16,203 | 27.53 | 446,033 | 1,631 | 50.60 | 82,525 | 17,205 | 80.70 | 1,388,525 |
| 1901 | 16,842 | 25.97 | 437,360 | 1,988 | 46.46 | 92,358 | 15,592 | 88.71 | 1,383,218 |
| 1902 | 15,224 | 27.17 | 413,646 | 2,367 | 34.76 | 82,288 | 16,821 | 84.80 | 1,425,929 |
| 1903 | 18,560 | 29.32 | 553,485 | 2,389 | 29.37 | 70,164 | 17,206 | 88.14 | 1,516,497 |
| 1904 | 19,764 | 55.64 | 1,099,656 | 4,367 | 18.84 | 82,268 | 17,293 | 86.89 | 1,502,553 |
| 1905 | 19,667 | 68.57 | 1,348,656 | 5,141 | 18.21 | 93,619 | 20,511 | 86.35 | 1,771,126 |

| Steine etc. | | | № 697. Backsteine, Platten, Fliesen, roh | | | | | |
|-------------|-------|--------|--|-------|-----------|---------|-------|---------|
| Ausfuhr | | | Einfuhr | | | Ausfuhr | | |
| q | Preis | Fr. | q | Preis | Fr. | q | Preis | Fr. |
| 741 | 8.93 | 6,615 | 99,990 | 4.30 | 429,957 | 39,049 | 2.07 | 80,831 |
| 463 | 8.91 | 4,122 | 203,624 | 4.30 | 863,637 | 33,041 | 2.08 | 68,704 |
| 304 | 16.26 | 4,937 | 148,771 | 3.43 | 509,579 | 48,668 | 1.93 | 93,903 |
| 505 | 6.94 | 3,506 | 200,771 | 3.31 | 665,242 | 27,859 | 1.95 | 54,456 |
| 587 | 8.04 | 4,723 | 281,478 | 3.20 | 900,484 | 45,925 | 1.80 | 82,539 |
| 382 | 9.50 | 3,634 | 359,298 | 3.31 | 1,191,017 | 62,925 | 2.27 | 142,835 |
| 2,262 | 3.55 | 8,034 | 303,781 | 2.86 | 867,900 | 115,303 | 1.93 | 222,699 |
| 1,581 | 4.72 | 7,460 | 256,060 | 2.86 | 666,220 | 170,558 | 2.05 | 350,229 |
| 2,006 | 4.50 | 9,022 | 190,894 | 2.20 | 420,335 | 155,560 | 1.84 | 285,710 |
| 3,808 | 4.13 | 15,709 | 113,470 | 2.05 | 232,109 | 175,732 | 1.82 | 319,787 |
| 1,247 | 5.88 | 7,330 | 86,557 | 1.71 | 148,271 | 189,306 | 1.84 | 348,675 |
| 1,477 | 6.15 | 9,084 | 102,958 | 1.75 | 179,997 | 221,205 | 1.84 | 406,356 |
| 1,740 | 5.84 | 10,154 | 157,733 | 1.93 | 304,450 | 200,961 | 2.09 | 419,060 |
| 1,611 | 7.98 | 12,856 | 191,727 | 1.95 | 373,430 | 218,299 | 2.06 | 450,757 |
| 1,699 | 9.05 | 15,382 | 166,635 | 1.94 | 323,887 | 322,324 | 1.97 | 636,554 |

| waren etc. | | | № 711. Porzellan. | | | | | |
|------------|-------|---------|-------------------|--------|-----------|-----|----------|--------|
| q | Preis | Fr. | q | Preis | Fr. | q | Preis | Fr. |
| 3,105 | 69.8 | 214,795 | 5,183 | 130.— | 667,940 | 55 | 1,041.72 | 56,930 |
| 2,877 | 56.99 | 163,952 | 5,100 | 141.44 | 721,340 | 75 | 916.95 | 69,120 |
| 3,000 | 54.58 | 163,741 | 5,163 | 138.— | 713,210 | 81 | 887.— | 71,590 |
| 2,907 | 51.06 | 148,434 | 5,660 | 137.— | 777,320 | 80 | 889.— | 71,223 |
| 2,749 | 51.84 | 142,508 | 6,159 | 138.— | 852,810 | 72 | 936.— | 67,181 |
| 2,593 | 55.60 | 144,151 | 7,994 | 134.— | 1,067,515 | 80 | 918.— | 73,689 |
| 2,441 | 57.86 | 141,240 | 8,412 | 131.— | 1,103,986 | 79 | 921.— | 73,171 |
| 2,416 | 60.85 | 147,025 | 9,315 | 122.— | 1,139,049 | 83 | 715.— | 59,259 |
| 2,512 | 62.28 | 156,457 | 9,425 | 117.— | 1,100,983 | 94 | 663.— | 61,987 |
| 2,590 | 64.62 | 167,356 | 9,261 | 117.— | 1,080,154 | 104 | 568.— | 59,163 |
| 2,510 | 68.29 | 171,432 | 9,222 | 125.— | 1,149,940 | 100 | 477.— | 47,585 |
| 2,382 | 66.68 | 158,840 | 10,339 | 127.— | 1,318,048 | 77 | 564.— | 43,203 |
| 2,202 | 59.79 | 131,673 | 11,643 | 127.— | 1,479,966 | 77 | 611.— | 46,822 |
| 2,236 | 56.69 | 126,745 | 12,546 | 122.— | 1,530,982 | 89 | 605.— | 53,670 |
| 2,122 | 52.83 | 112,080 | 15,789 | 120.— | 1,896,976 | 86 | 650.— | 55,960 |

Hauptzusammenstellung. XVI. Tonwaren.

| Jahr: | Einfuhr. | | Ausfuhr. | |
|-------|----------|-----------|----------|-----------|
| | q | Fr. | q | Fr. |
| 1891 | 552,160 | 4,873,023 | 67,214 | 507,110 |
| 1892 | 491,396 | 4,433,060 | 52,809 | 458,800 |
| 1893 | 424,680 | 4,111,785 | 65,803 | 469,149 |
| 1894 | 489,849 | 4,544,422 | 43,823 | 398,811 |
| 1895 | 605,071 | 5,412,191 | 64,038 | 419,436 |
| 1896 | 739,280 | 6,539,967 | 85,630 | 507,744 |
| 1897 | 727,996 | 6,485,380 | 139,718 | 592,510 |
| 1898 | 697,127 | 6,781,165 | 196,095 | 726,221 |
| 1899 | 603,979 | 6,370,498 | 180,885 | 670,618 |
| 1900 | 443,401 | 5,438,466 | 209,404 | 746,279 |
| 1901 | 365,273 | 5,024,653 | 215,303 | 743,387 |
| 1902 | 387,868 | 5,406,514 | 245,816 | 778,398 |
| 1903 | 484,038 | 6,163,902 | 223,844 | 754,674 |
| 1904 | 512,591 | 6,848,854 | 245,271 | 818,562 |
| 1905 | 514,020 | 7,921,365 | 351,305 | 1,012,289 |



Fig. 1. Broome Park, Barham (Kentucky).

In Kapitel XVI. Tonwaren sind die Rohmaterialien nicht inbegriffen, welche nach den Zolltabellen dieser Periode bei den mineralischen Stoffen Kap. X. Nr. 332 unter Gyps, Kalk, Ton etc. enthalten und nicht ausgeschieden sind, so dass nähere Angaben über deren Ein- und Ausfuhr nicht gemacht werden können. Es mag immerhin erwähnt sein, dass im Jahr 1905 die Einfuhr der Position Nr. 332 bezw. an Gyps, Kalk, Ton etc. zusammen 495,623 q im Wert von 2,453,964 Franken und die Ausfuhr 68,437 q im Wert von 59,429 Franken erreicht hat. Wenn die Verteilung eine ähnliche sein würde wie in den früheren Jahren, in denen die Tone noch getrennt aufgeführt waren, so würde circa $\frac{1}{5}$ dieser Beträge auf die Tone zu rechnen sein. Eine erhebliche Bedeutung scheint also zur Zeit dieser Materie nicht zuzukommen.

Einen noch genaueren Einblick in diese Verhältnisse geben die folgenden Zusammenstellungen für das Jahr 1905, welche die sämtlichen Positionen des Warenverkehrs mit dem Auslande nach Ländern getrennt wiedergeben und sich, jedoch unter Beschränkung auf die Hauptländer, im übrigen genau, insbesondere bei den Aufschriften, an die Statistik halten.

1905. — XVI. Tonwaren. (Nach Hauptländern.)

| | Einfuhr | | | Ausfuhr | | |
|---|------------|-----------------|---------|------------|-----------------|--------|
| | Menge q | Wert in Franken | | Menge q | Wert in Franken | |
| | | Mittel | Total | | Mittel | Total |
| 694 a. <i>Dachziegel</i> , ge- wöhnliche, roh. | | | | | | |
| Deutschland | 1,101 | 2.75 | 3,028 | 10,015 | 2.88 | 28,868 |
| Oesterreich-Ungarn . | 401 | 2.75 | 1,103 | 2,031 | 2.88 | 5,852 |
| Frankreich | 6,473 | 2.95 | 19,095 | 859 | 2.49 | 2,143 |
| Italien | 712 | 3.— | 2,136 | 1,157 | 2.51 | 2,900 |
| Zusammen 1905 | 8,687 | 2.92 | 25,362 | 14,062 | 2.83 | 39,763 |
| „ 1904 | 8,802 | 2.89 | 25,467 | 11,442 | 2.41 | 27,602 |
| 694 b. <i>Falzziegel</i> , roh. | | | | | | |
| Deutschland | 32,981 | 2.95 | 97,294 | 1,111 | 2.64 | 2,935 |
| Oesterreich-Ungarn . | — | — | — | 245 | 3.66 | 894 |
| Frankreich | 19,359 | 2.95 | 57,109 | 632 | 3.12 | 1,970 |
| Italien | 17,860 | 2.95 | 52,687 | 134 | 3.13 | 418 |
| Zusammen 1905 | 70,200 | 2.95 | 207,090 | 2,122 | 2.93 | 6,217 |
| „ 1904 | 71,996 | 2.95 | 212,388 | 2,024 | 3.23 | 6,537 |

| | Einfuhr | | | Ausfuhr | | |
|--|------------|-----------------|---------|------------|-----------------|---------|
| | Menge q | Wert in Franken | | Menge q | Wert in Franken | |
| | | Mittel | Total | | Mittel | Total |
| <i>695. Tonröhren, roh, ohne Muffen.</i> | | | | | | |
| Deutschland . . . | 1,126 | 5.— | 5,630 | 1,965 | 3.04 | 5,977 |
| Oesterreich-Ungarn . | — | — | — | 2 | 6.88 | 15 |
| Frankreich | 2,682 | 4.— | 10,728 | 305 | 5.24 | 1,599 |
| Italien | 6 | 4.— | 24 | 6 | 34.02 | 200 |
| Zusammen 1905 | 3,814 | 4.30 | 16,382 | 2,278 | 3.42 | 7,791 |
| „ 1904 | 9,218 | 3.27 | 38,635 | 3,352 | 3.27 | 10,954 |
| <i>696. Feuerfeste Steine.</i> | | | | | | |
| Deutschland . . . | 88,585 | 5.50 | 487,217 | 379 | 8.90 | 3,370 |
| Oesterreich-Ungarn . | 4,062 | 6.— | 24,372 | 97 | 8.03 | 777 |
| Frankreich | 14,473 | 5.— | 72,365 | 930 | 7.04 | 6,545 |
| Italien | 3,611 | 5.50 | 19,860 | 50 | 14.56 | 728 |
| England | 11,000 | 6.— | 66,000 | 36 | 11.14 | 400 |
| Uebrige Länder . . | 908 | 7.70 | 7,052 | 207 | 17.21 | 3,562 |
| Zusammen 1905 | 122,639 | 5.52 | 676,866 | 1,699 | 9.05 | 15,382 |
| „ 1904 | 98,191 | 5.52 | 541,846 | 1,611 | 7.98 | 12,856 |
| <i>697. Backsteine, Platten, Fliesen, roh.</i> | | | | | | |
| Deutschland . . . | 42,434 | 1.80 | 76,381 | 311,913 | 1.97 | 615,241 |
| Oesterreich-Ungarn . | 16,382 | 1.60 | 26,211 | 2,945 | 2.28 | 6,716 |
| Frankreich | 56,566 | 2.10 | 118,789 | 4,835 | 2.— | 9,681 |
| Italien | 51,253 | 2.— | 102,506 | 2,627 | 1.86 | 4,876 |
| Uebrige Länder . . | — | — | — | 4 | 10.— | 40 |
| Zusammen 1905 | 166,635 | 1.94 | 323,887 | 322,324 | 1.97 | 636,554 |
| „ 1904 | 191,727 | 1.95 | 373,430 | 218,299 | 2.06 | 450,757 |

| | Einfuhr | | | Ausfuhr | | |
|---|------------|-----------------|---------|------------|-----------------|-------|
| | Menge q | Wert in Franken | | Menge q | Wert in Franken | |
| | | Mittel | Total | | Mittel | Total |
| <i>698. Dachziegel, Backsteine, gedämpft, geschiefert, geteert, glasiert.</i> | | | | | | |
| Deutschland | 2,096 | 8.50 | 17,816 | 17 | 10.13 | 175 |
| Frankreich | 382 | 12.70 | 4,851 | 33 | 5.96 | 197 |
| Zusammen 1905 | 2,478 | 9.15 | 22,667 | 50 | 7.39 | 372 |
| „ 1904 | 3,363 | 8.82 | 29,677 | 475 | 3.72 | 1,768 |
| <i>699. Tonröhren, ohne Muffen, Tonfliesen u. Platten, einfarbig, glatt, Terracotten.</i> | | | | | | |
| Deutschland | 5,162 | 16.— | 82,592 | 44 | 19.17 | 845 |
| Oesterreich-Ungarn . | 11 | 16.— | 176 | — | — | — |
| Frankreich | 2,989 | 18.— | 53,802 | 50 | 16.34 | 807 |
| Italien | 84 | 27.— | 2,268 | 1 | 34.25 | 50 |
| Uebrige Länder . . | 1,465 | 20.— | 29,325 | — | — | — |
| Zusammen 1905 | 9,711 | 17.32 | 168,163 | 107 | 28.68 | 3,077 |
| „ 1904 | 5,857 | 17.38 | 101,793 | 183 | 13.44 | 2,461 |
| <i>700. Tonfliesen u. Platten, mehrfarbig, bemalt, bedruckt, mit Verzierungen.</i> | | | | | | |
| Deutschland | 1,237 | 80.— | 98,960 | 2 | 16.67 | 30 |
| Oesterreich-Ungarn . | 1 | 120.— | 120 | — | — | — |
| Frankreich | 206 | 100.— | 20,600 | 1 | 184.— | 226 |
| Italien | 12 | 100.— | 1,200 | 1 | 76.33 | 100 |
| Belgien, Niederlande | 114 | 100.— | 11,500 | — | — | — |
| Zusammen 1905 | 1,570 | 84.32 | 132,380 | 4 | 82.03 | 356 |
| „ 1904 | 1,679 | 87.04 | 146,140 | 15 | 61.99 | 905 |

| | Einfuhr | | | Ausfuhr | | |
|---|------------|-----------------|---------|------------|-----------------|--------|
| | Menge q | Wert in Franken | | Menge q | Wert in Franken | |
| | | Mittel | Total | | Mittel | Total |
| <i>701. Tiegel, Muffeln, Kapseln aus Ton.</i> | | | | | | |
| Deutschland . . . | 1,032 | 10.— | 10,320 | 2 | 176.— | 285 |
| Oesterreich-Ungarn . | 121 | 10.— | 1,210 | — | — | — |
| Frankreich | 432 | 10.— | 4,320 | 1 | 125.— | 197 |
| England | 738 | 10.— | 7,380 | — | — | — |
| Zusammen 1905 | 2,323 | 10.— | 23,230 | 3 | 151.— | 482 |
| „ 1904 | 2,801 | 10.— | 28,010 | 32 | 86.59 | 2,764 |
| <i>702. Gasretorten.</i> | | | | | | |
| Deutschland . . . | 2,429 | 14.— | 34,006 | — | — | — |
| Frankreich | 247 | 14.— | 3,458 | — | — | — |
| Italien | 37 | 14.— | 518 | — | — | — |
| Zusammen 1905 | 2,713 | 14.— | 37,982 | — | — | — |
| „ 1904 | 3,361 | 14.— | 47,054 | — | — | — |
| <i>703. Ofenkacheln und aufgesetzte Kachelöfen aller Art.</i> | | | | | | |
| Deutschland . . . | 2,634 | 45.— | 118,530 | 55 | 52.80 | 2,878 |
| Oesterreich-Ungarn . | 11 | 45.— | 495 | 12 | 48.78 | 580 |
| Frankreich | 66 | 45.— | 2,970 | 65 | 45.10 | 2,932 |
| Italien | 43 | 45.— | 1,935 | 25 | 98.82 | 2,512 |
| Uebrige Länder . . | 3 | 55.— | 165 | 29 | 73.— | 2,116 |
| Zusammen 1905 | 2,757 | 45.01 | 124,095 | 186 | 59 21 | 11,018 |
| „ 1904 | 2,552 | 45.05 | 114,955 | 213 | 63.93 | 13,632 |
| <i>704. Steinzeugfliesen u. Platten, roh, einerlei Masse und Farbe.</i> | | | | | | |
| Deutschland . . . | 28,420 | 8.— | 227,360 | 199 | 18.90 | 3,767 |
| Oesterreich-Ungarn . | 419 | 8.15 | 3,415 | 25 | 7.94 | 200 |
| Frankreich | 886 | 8.60 | 7,620 | 34 | 9.— | 302 |
| Zusammen 1905 | 30,235 | 8.02 | 242,724 | 258 | 16.55 | 4,269 |
| „ 1904 | 31,631 | 8.02 | 253,575 | 21 | 9.42 | 202 |

| | Einfuhr | | | Ausfuhr | | |
|--|------------|-----------------|---------|------------|-----------------|--------|
| | Menge q | Wert in Franken | | Menge q | Wert in Franken | |
| | | Mittel | Total | | Mittel | Total |
| <i>705. Steinzeugfliesen u. Platten, geschliffen, glasiert, mehrerlei Farbe.</i> | | | | | | |
| Deutschland | 8,749 | 18.— | 157,482 | 14 | 11.64 | 170 |
| Oesterreich-Ungarn | 1,068 | 12.— | 12,816 | 3 | 49.34 | 150 |
| Frankreich | 1,752 | 24.— | 42,048 | 50 | 17.35 | 867 |
| Italien | 62 | 16.— | 992 | 3 | 57.84 | 155 |
| Belgien | 2,325 | 17.50 | 40,687 | — | — | — |
| Uebrige Länder | 17 | 17.65 | 300 | — | — | — |
| Zusammen 1905 | 13,973 | 18.20 | 254,325 | 70 | 19.09 | 1,342 |
| „ 1904 | 10,353 | 18.89 | 195,530 | 14 | 19.09 | 259 |
| <i>706. Steinzeugfliesen u. Platten, bemalt, bedruckt, mit erhabenen oder vertieften Verzierungen.</i> | | | | | | |
| Deutschland | 108 | 100.— | 10,800 | — | — | — |
| Frankreich | 14 | 100.— | 1,400 | 1 | 115.— | 159 |
| Italien | 3 | 110.— | 330 | — | — | — |
| Uebrige Länder | 8 | 120.— | 960 | — | — | — |
| Zusammen 1905 | 133 | 101.— | 13,490 | 1 | 115.— | 159 |
| „ 1904 | 264 | 101.— | 26,570 | 6 | 128.— | 727 |
| <i>707. Muffenröhren, Kanalisationsbestandteile (soweit sie nicht unter 708 fallen).</i> | | | | | | |
| Deutschland | 2,343 | 8.— | 18,744 | 668 | 17.35 | 11,589 |
| Oesterreich-Ungarn | 2 | 8.— | 16 | — | — | — |
| Frankreich | 570 | 8.— | 4,560 | 27 | 10.75 | 291 |
| Italien | 220 | 8.— | 1,760 | 2 | 9.58 | 23 |
| Belgien | 11,764 | 7.70 | 90,583 | 1 | 27.03 | 40 |
| England | 1,429 | 9.— | 12,861 | — | — | — |
| Uebrige Länder | 40 | 10.50 | 420 | 3 | 72 50 | 174 |
| Zusammen 1905 | 16,368 | 7.68 | 128,944 | 701 | 17.27 | 12,117 |
| „ 1904 | 17,876 | 7.82 | 139,873 | 843 | 21.27 | 17,924 |

| | Einfuhr | | | Ausfuhr | | |
|---|------------|-----------------|-----------|------------|-----------------|--------|
| | Menge q | Wert in Franken | | Menge q | Wert in Franken | |
| | | Mittel | Total | | Mittel | Total |
| <i>708. Kanalisations-Bestandteile (Water-closets) aus Porzellan und feinem Steinzeug.</i> | | | | | | |
| Deutschland | 1,353 | 130.— | 175,890 | 42 | 80.02 | 3,365 |
| Oesterreich-Ungarn | 129 | 130.— | 16,770 | — | — | — |
| Frankreich | 201 | 130.— | 26,130 | 39 | 170.— | 6,601 |
| Italien | 21 | 130.— | 2,730 | 5 | 175.— | 805 |
| England | 2,062 | 135.— | 278,370 | — | — | — |
| Uebrige Länder | 51 | 140.— | 7,130 | 5 | 192.— | 960 |
| Zusammen 1905 | 3,817 | 133.— | 507,020 | 91 | 129.— | 11,731 |
| „ 1904 | 3,317 | 133.— | 440,720 | 49 | 134.— | 6,531 |
| <i>709. Gemeine Töpferwaren mit grauem oder rötlichem Bruch, glasiert oder nicht glasiert. — Gemeine Steinzeugwaren (Krugware). — Isolatoren aus Porzellan.</i> | | | | | | |
| Deutschland | 10,871 | 87.50 | 951,212 | 4,760 | 11.80 | 56,552 |
| Oesterreich-Ungarn | 2,527 | 79.— | 199,633 | 100 | 60.46 | 6,063 |
| Frankreich | 4,764 | 24.— | 114,336 | 220 | 88.62 | 19,475 |
| Italien | 725 | 70.— | 50,750 | 31 | 131.— | 4,028 |
| England | 590 | 40.— | 23,600 | 17 | 176.— | 3,002 |
| Uebrige Länder | 190 | 48.— | 9,125 | 13 | 346.08 | 4,499 |
| Zusammen 1905 | 19,667 | 68.57 | 1,348,656 | 5,141 | 18.21 | 93,619 |
| „ 1904 | 19,764 | 55.64 | 1,099,656 | 4,367 | 18.84 | 82,268 |

| | Einfuhr | | | Ausfuhr | | |
|--|------------|-----------------|-----------|------------|-----------------|---------|
| | Menge q | Wert in Franken | | Menge q | Wert in Franken | |
| | | Mittel | Total | | Mittel | Total |
| <p>710. <i>Töpferwaren mit weissem oder gelblichem Bruch; feines Steingut; Parian.</i> — Ferner alle Töpferwaren, die nicht unter eine der vorstehenden Positionen fallen.</p> | | | | | | |
| Deutschland . . . | 15,558 | 87.— | 1,353,546 | 55 | 266.— | 14,504 |
| Oesterreich-Ungarn . | 161 | 144.— | 23,184 | 3 | 347.— | 1,101 |
| Frankreich | 2,253 | 80.— | 180,240 | 60 | 261.— | 15,778 |
| Italien | 257 | 200.— | 51,400 | 1,965 | 34.36 | 67,507 |
| Belgien | 516 | 61.— | 31,476 | 4 | 347.— | 1,355 |
| Niederlande | 905 | 61.— | 55,205 | 6 | 228.— | 1,387 |
| England | 805 | 81.— | 65,205 | 18 | 431.— | 7,551 |
| Japan, China | 53 | 200.— | 10,600 | — | — | — |
| Uebrige Länder . . . | 3 | 90.— | 270 | 11 | 263.40 | 2,897 |
| Zusammen 1905 | 20,511 | 86.35 | 1,771,126 | 2,122 | 52.83 | 112,080 |
| „ 1904 | 17,293 | 86.89 | 1,502,553 | 2,236 | 56.69 | 126,745 |
| <p>711. <i>Porzellan aller Art.</i></p> | | | | | | |
| Deutschland | 10,313 | 117.— | 1,206,621 | 21 | 768.— | 16,048 |
| Oesterreich-Ungarn . | 1,036 | 150.— | 155,400 | 10 | 430.— | 4,208 |
| Frankreich | 4,098 | 120.— | 491,760 | 32 | 597.— | 18,951 |
| Italien | 111 | 126.— | 13,986 | 14 | 517.— | 7,081 |
| Belgien, Niederlande | 16 | 108.— | 1,728 | — | — | 520 |
| England | 67 | 108.— | 7,236 | 4 | 1108.— | 5,018 |
| Japan, China, etc. . . | 147 | 135.— | 19,845 | 1 | 1179.— | 1,650 |
| Uebrige Länder . . . | 1 | 400.— | 400 | 4 | 621.— | 2,484 |
| Zusammen 1905 | 15,789 | 120.— | 1,896,976 | 86 | 650.— | 55,960 |
| „ 1904 | 12,546 | 122.— | 1,530,982 | 89 | 605.— | 53,670 |

Hauptzusammenstellung nach Ländern.

| XVI. Tonwaren 1905. | | Wert der Einfuhr in Franken. | | | | |
|---------------------------|-------------|------------------------------|------------|---------|------------------|-----------|
| Gebrauchstarif | Deutschland | Österreich- Ungarn | Frankreich | Italien | Übrige Länder | Total |
| 694 a Dachziegel, roh . | 3,028 | 1,103 | 19,095 | 2,136 | — | 25,362 |
| 694 b Falzziegel, roh . | 97,294 | — | 57,109 | 52,687 | — | 207,090 |
| 695 Röhren, roh . . | 5,630 | — | 10,728 | 24 | — | 16,382 |
| 696 Feuerfeste Steine | 487,217 | 24,372 | 72,365 | 19,860 | 73,052 | 676,866 |
| 697 Backsteine, Platten . | 76,381 | 26,211 | 118,789 | 102,506 | — | 323,887 |
| 698 Dachziegel . . | 17,816 | — | 4,851 | — | — | 22,667 |
| 699 Röhren, Fliesen . | 82,592 | 176 | 53,802 | 2,268 | 29,325 | 168,163 |
| 700 Fliesen, Platten . | 98,960 | 120 | 20,600 | 1,200 | 11,500 | 132,380 |
| 701 Tiegel, Muffeln . | 10,320 | 1,210 | 4,320 | — | 7,380 | 23,230 |
| 702 Gasretorten . . | 34,006 | — | 3,458 | 518 | — | 37,982 |
| 703 Ofenkacheln . . | 118,530 | 495 | 2,970 | 1,935 | 165 | 124,095 |
| 704 Steinzeug, roh . | 227,360 | 3,415 | 7,620 | 3,544 | 785 | 242,724 |
| 705 „ mittelf. | 157,482 | 12,816 | 42,048 | 992 | 40,987 | 254,325 |
| 706 „ fein . | 10,800 | — | 1,400 | 330 | 960 | 13,490 |
| 707 Muffenröhren . . | 18,744 | 16 | 4,560 | 1,760 | 103,864 | 128,944 |
| 708 Watterclosets . | 175,890 | 16,770 | 26,130 | 2,730 | 285,500 | 507,020 |
| 709 Töpferwaren gem. | 951,212 | 199,633 | 114,336 | 50,750 | 32,725 | 1,348,656 |
| 710 „ fein | 1,353,546 | 23,184 | 180,240 | 51,400 | 162,756 | 1,771,126 |
| 811 Porzellan . . . | 1,206,621 | 155,400 | 491,760 | 13,986 | 29,209 | 1,896,976 |
| Zusammen 1905: | 5,133,429 | 464,921 | 1,236,181 | 308,626 | 778,208 | 7,921,365 |
| Zusammen 1904: | 4,170,767 | 330,757 | 1,283,784 | 314,094 | 749,452 | 6,848,854 |

Die Ausfuhr ist erheblich geringer und wird es genügen, nur die Hauptzahlen anzugeben:

| | | | | | | |
|----------------|---------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| Zusammen 1905: | 766,599 | 26,556 | 88,721 | 91,383 | 39,030 | 1,012,289 |
| Zusammen 1904: | 576,190 | 28,249 | 87,631 | 90,475 | 36,017 | 818,562 |

Wirtschaftliche Betrachtungen.

Die Verwendung des Tones ist eine ungemein mannigfache und uralt wie die menschliche Kultur, da schon in ältester Zeit die Bewohner der Erde die guten Eigenschaften des Tones erkannten und denselben zuerst in ungebranntem Zustande verwendeten, d. h. die daraus erstellten Gegenstände an der Sonne trockneten. Einen weit höheren Wert und vorzüglichere Eigenschaften erhält aber der Ton erst, wenn er gebrannt wird, indem nur dadurch eine harte und unter Umständen auch vollkommen wetterbeständige Masse entsteht. Die Wetterbeständigkeit und die Härte nehmen mit der Schärfe des Brennens zu und wenn im Feuer wenigstens an der Oberfläche die Grenze des Schmelzens oder die Sinterung erreicht ist, so wird eine nahezu unbegrenzte Dauerhaftigkeit erzielt, denn gesinterter Ton ist für Wasser undurchlässig, während leicht gebrannter Ton porös bleibt und begierig Wasser aufsaugt, so dass durch die Einwirkung des Frostes nach und nach das Gefüge gelockert und die gänzliche Zerstörung herbeigeführt wird.

Reiner Ton brennt sich weiss, doch findet sich selten ein Material ohne andere Beimengungen, sondern meist ist dasselbe verunreinigt oder gefärbt, am häufigsten aber mit Eisenoxyd vermengt, das beim Brande eine rötliche Färbung bewirkt, während kalkhaltiger Ton beim Brennen eine hellere, mehr gelbliche Farbe annimmt.

Die Tonwaren sind also gebrannt oder ungebrannt und erstere können dicht oder porös sein. Dicht sind sie, wenn sie so stark erhitzt werden, dass ihre Masse nahezu geschmolzen ist; der Bruch ist dann glasartig; sie sind für Wasser undurchlässig und geben am Stahl Funken. Die schwächer gebrannten Tone dagegen bleiben porös; ihre Masse ist locker, lässt Wasser durch und der Bruch ist erdig.

Das eigentliche Kriterium bildet somit die Wasseraufnahme oder Saugkraft; es werden nach der pag. 66 des technologischen Teiles vorgeschlagenen Einteilung alle keramischen Produkte mit weniger als 2% Wasseraufnahme und gesinterter Grundmasse als Klinkerware und solche mit mehr als 2% Wasseraufnahme und nicht gesinterter Grundmasse als Irdenware bezeichnet. In beiden Fällen werden ferner weisslich und farbig gebrannte und endlich solche ohne und mit Überzug unterschieden, so dass die gebrannten Tonwaren schliesslich in acht verschiedene Abteilungen ausgeschieden sind.

Ungebrannte Tonwaren.

Die erste Anwendung fand der Ton in ungebranntem Zustand; wie bereits erwähnt wurde, waren die plastischen Eigenschaften des Tones schon in ältester Zeit bekannt und man verwandte denselben zuerst zu Böden und Wänden oder formte Ziegelsteine, sowie auch Gefässe, die an der Sonne getrocknet wurden. In diesem Urzustande verharrte die Töpferei lange Zeit und als später die Technik des Brennens erfunden war, wurden gebrannte Steine vorerst nur an der Aussenfläche, im Innern dagegen immer noch getrocknete Steine verwendet, wie das z. B. an den Bauten Babylons und den ägyptischen Pyramiden zu ersehen ist. Der Bau von Lehmwänden aber hat sich bis auf die heutige Zeit erhalten; namentlich in den östlichen Ländern von Europa wird diese Bauweise auf dem Lande noch vielfach und in verschiedener Weise zur Anwendung gebracht. Meist wird der reichlich mit Spreu oder geschnittenem Stroh gemengte und gut durchgearbeitete Lehm zwischen einer Bretterverschalung in niedrigen Schichten

aufgebracht und festgestampft. Nur die oberste, zur Aufnahme der Balkenlage bestimmte Schicht besteht aus besonders hergestellten getrockneten Lehmziegeln oder auch aus Backsteinen, um die Last des Daches gleichmässig auf die weiche Wand zu übertragen.

Bei einem etwas abweichenden Verfahren wird in der Mitte der zukünftigen Wand ein Gerippe aus Ästen oder eine Art Flechtwerk erstellt und beidseitig mit Lehm beworfen oder aber es wird die Mauer mit sogenannten Lehmputzen oder Klötzen direkt aufgeführt. In allen Fällen werden die Wände nachher geglättet und nach dem Austrocknen zum Schutze geweißelt, eine Arbeit, die je nach Umständen im Jahr mehrmals erneuert und mit viel Verständnis meist von den Weibern besorgt wird. Hierbei werden der zum Anstrich benutzten Kalkmilch für einzelne Teile Kienruss, Ziegelmehl oder auch noch andere Farbmittel beigemischt und jede Gegend zeichnet sich durch eine besondere Farbenzusammenstellung aus. Am häufigsten werden die Wände weiss, die Umrahmungen der Fenster und Türen dagegen, wie auch die Sockel mit dunkleren Farben oder auch schwarz gestrichen; doch findet sich auch das umgekehrte Verhältnis mit dunkler Fläche und hellen Einfassungen. Alle solchen Häuser sind jedoch nur eingeschossig mit weit ausladendem Dach, da die Lehmwände die Last eines oberen Stockwerkes nicht zu tragen vermöchten und es auch nicht möglich sein würde, die hohen Mauern vor der Einwirkung des Regens und damit unter Umständen vor dem Einsturze zu schützen. Überschwemmungen oder auch aussergewöhnliche Niederschläge sind schon mancher derartigen Lehmstadt verhängnisvoll geworden und haben sie in kurzer Zeit zur Auflösung gebracht und vom Erdboden verschwinden lassen. Diese von Bauern insbesondere in Gegenden, wo Holz fehlt, viel angewandte Bauweise hat sich jedenfalls aus ältester Zeit erhalten, weil sie mit den geringsten Mitteln und ohne Mitwirkung eigentlicher Handwerksleute zur Ausführung kommen kann. Der Bau solcher Lehmhäuser ist deshalb heute noch in manchen Gegenden gewissermassen ein kleines Fest, an dem sich, wie der Verfasser in den Karpathen selbst zu beobachten Gelegenheit hatte, oft die ganze Dorfschaft, vornehmlich aber die Jugend mit Eifer beteiligt, so dass unter kundiger Leitung älterer Leute oft in unglaublich kurzer Zeit und unter fröhlichem Gesang ein solches Heim erstellt ist.

In Westeuropa und in der Schweiz sind diese Bauten der Armut, wie sie etwa bezeichnet werden, grösstenteils verschwunden; ebenso verschwinden die verwandten Wickel-, Pisébauten, Flechtwerke mit Lehmewurf (Lehmstackung), die weniger zur Erstellung ganzer Mauern, als zum Ausfüllen der Fachwerke zur Anwendung kamen, mehr und mehr und werden durch Ziegelmauerwerk ersetzt.

Häufig wurden auch Bohlenwände mit Lehm nur verfugt, oder aber es wurde eine mit Nägeln gespickte Holzwand mit einer Lehmschicht und diese hinwieder mit einem Kalkverputz überzogen.

Das sind alles Überbleibsel aus ältesten Zeiten, von denen sich ein Volk nur schwer trennt.

Gebrannte Tonwaren.

Die Technik des Brennens ist, wie schon früher erwähnt wurde, schon sehr alt und bereits vor Jahrtausenden erfunden worden; sie war schon den Babyloniern, Ägyptern, wie den Griechen und Römern bekannt und ist namentlich bei letzteren zu einer hohen

Stufe der Vollkommenheit gelangt. Aber nicht nur vom Brennen, sondern auch schon vom Bemalen und Glasieren des Tones hatten alle diese Völker vollständige Kenntnis. Da beim Brennen die Masse der gewöhnlichen Töne porös und durchlässig bleibt, so wurde schon frühzeitig nach Mitteln gesucht, wenigstens die Oberfläche undurchlässig und auch farbig zu machen. Auch diese Verfahren sind daher sehr alt und es werden hiezu die folgenden in Anwendung gebracht:

1. Das Engobieren, welches den Zweck hat, eine gleichmässige Farbe zu erzielen und welches darin besteht, dass die Gegenstände mit einer deckenden Schicht aus besonders gereinigtem und zubereitetem Töne überzogen werden, der vermöge seiner Zusammensetzung im Brande eine gleichmässige und durch Zusatz färbender Substanzen eine beabsichtigte künstliche Färbung erzeugt.

2. Das Glasieren mit einer farblosen oder gefärbten Schmelzdecke, welche die Oberfläche mit einer undurchlässigen, glasigen und harten Schicht bedeckt. Zur Färbung werden Metalloxyde verwendet, z. B. für weiss Zinnoxid, gelb Antimonoxid, rot Kupferoxyd, blau Kobalt, grün Kupferoxyd oder eine Mischung von Kobalt und Antimonoxid und für schwarz Manganoxid. Da jedoch die Herstellung der Oxyde nicht leicht ist, verwendet man in der Praxis an deren Stelle gewöhnlich leichter zu beschaffende Stoffe, statt Eisenoxid Eisenocker, statt Kupferoxyd Kupferasche, Smalte statt Kobalt, Braunstein statt Manganoxid und Bolus für Rot.

3. Das Bemalen des Tones erfolgt gewöhnlich bei gemeinen Tönen auf einem sogenannten Malgrund; nur bei weissbrennenden Tonarten, wie namentlich bei Porzellanen, können die Farben nach einem ersten Brande direkt auf das Material aufgetragen werden. Ist dagegen das Tonmaterial nicht rein und von glatter Oberfläche oder, wie bei den meisten gemeinen Tönen, von grauer oder roter Färbung, so ist ein Malgrund erforderlich und werden auch hier wieder verschiedene Verfahren in Anwendung gebracht: erstens die Malerei auf einem Aufguss, mit nachheriger Überdeckung mit einer durchsichtigen Glasur, wie sie hauptsächlich bei den orientalischen Fayencen zur Anwendung kommt, zweitens die Malerei in die Glasur, welche Ende des 15. Jahrhunderts in Italien erfunden wurde und bei Halfayence und Majolika-Gegenständen vielfach Anwendung findet und endlich drittens die Malerei auf die Glasur oder die Überglasmalerei, die eine miniaturartig feine Ausführung und eine reichere Farbenskala gestattet.

4. Mosaik. Die Herstellung des Mosaiks erfolgt aus einzelnen verschiedenfarbig glasierten Ziegeln oder Tonplättchen, die eigens geformt oder auch aus bereits fertig glasierten grösseren Platten ausgeschnitten werden. Im letzteren Fall entsteht das Schnittmosaik, welches hauptsächlich im Orient zur Herstellung der kompliziertesten und reichsten Muster verwendet wird. Was z. B. persische Künstler in dieser Art an Wand- und Deckenverzierungen hervorgebracht haben, wetteifert an Feinheit und Vielseitigkeit der Zeichnung mit den Arbeiten der Teppichknüpfer.

5. Die Sgraffito-Technik besteht darin, dass durch Wegkratzen der Glasur oder der deckenden andersfarbigen Engobe der Tonuntergrund wieder sichtbar gemacht wird, wodurch sich reizvolle Flächenmuster gewinnen lassen, die noch durch farbige Retouche gehoben werden können.

Die Zahl der auf den Markt kommenden keramischen Produkte ist eine ungemein grosse. Die vielen guten Eigenschaften des gebrannten Tones haben der Erzeugung

einer so grossen Zahl von Gegenständen aller Art gerufen, dass eine weitere Gliederung oder Einteilung des Stoffes nicht zu umgehen ist. Es wird hiezu das bereits kurz erwähnte, von der Materialprüfungsanstalt vorgeschlagene Schema benutzt. Um aber einigermaßen die Wichtigkeit der einzelnen Positionen hervorzuheben, werden gleichzeitig noch die Einfuhr- und Ausfuhr-Mengen, Wertansätze und Werte einzeln, wie im ganzen, und endlich die Zollansätze für die Einfuhr für das Jahr 1906 mit angegeben.

| | Einfuhr 1906 | | | | Ausfuhr 1906 | | |
|--|--------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|------------------|---------------|
| | q (100 kg) | Wert Fr. p. q | Zoll- Ansatz | Betrag Fr. | q (100 kg) | Wert Fr. p. q | Betrag Fr. |
| A. Klinkerwaren. | | | | | | | |
| <i>a) Weisslich gebrannt.</i> | | | | | | | |
| 1. Ohne Überzug: | | | | | | | |
| (Kommen in Zolltabellen nicht vor, sind aber teilweise in Pos. 678 enthalten.) | | | | | | | |
| 2. Mit Überzug: | | | | | | | |
| 674. Kanalisations-Bestandteile aus feinem Steinzeug, Badewannen etc. | 4,526 | 136.— | 12.— | 615,538 | 77 | 146.— | 11,166 |
| 676. Steinzeugwaren, feine | 8,562 | 89.56 | 16.— | 766,833 | 66 | 363.— | 23,951 |
| 678. Töpferwaren mit weissem oder gelblichem Bruch, Parian, Biscuit | 12,264 | 39.63 | 16.— | 486,050 | 2,019 | 45.13 | 91,134 |
| 679. Isolatoren aus Porzellan | 10,102 | 105.— | 0.50 | 1,060,710 | 223 | 168.— | 37,624 |
| 680. Porzellan, Schalen, Gefässe etc. | 16,040 | 128.— | 16.— | 2,046,475 | 103 | 247.— | 97,815 |
| 681. Porzellan, Pfeifen bemalt etc. | 202 | 290.— | 16.— | 58,580 | 22 | 503.— | 11,296 |
| Zusammen | 51,696 | | | 5,034,186 | 2,510 | | 272,986 |
| <i>b) Farblich gebrannt.</i> | | | | | | | |
| 3. Ohne Überzug: | | | | | | | |
| 669. Platten, Fliesen, roh, naturfarbig | 10,122 | 8.03 | 1.25 | 81,298 | 194 | 12.57 | 2,433 |
| 670. Platten, Fliesen, geschiefert, geschliffen, etc. | 8,066 | 15.13 | 2.— | 122,002 | 33 | 16.65 | 545 |
| Zusammen | 18,188 | | | 203,300 | 227 | | 2,978 |
| 4. Mit Überzug: | | | | | | | |
| 671. Platten, Fliesen, glasiert | 865 | 24.77 | 3.— | 21,430 | 178 | 25.33 | 4,512 |
| 672. Platten, Fliesen, mehrfarbig, etc. | 278 | 101.— | 8.— | 28,120 | 14 | 47.59 | 682 |
| 673. Röhren und Röhrenformstücke | 13,620 | 8.19 | 3.— | 111,540 | 528 | 18.05 | 9,537 |
| Zusammen | 14,763 | | | 161,090 | 720 | | 14,731 |
| B. Irdenwaren. | | | | | | | |
| <i>a) Weisslich gebrannt.</i> | | | | | | | |
| 5. Ohne Überzug: | | | | | | | |
| 665. Gasretorten | 4,818 | 14.— | 2.50 | 67,868 | 76 | 14.79 | 1,124 |
| 666. Tiegel, Muffeln, Kapseln | 2,916 | 12.96 | 2.— | 37,792 | 20 | 77.27 | 1,523 |
| Zusammen | 7,734 | | | 105,660 | 96 | | 2,647 |

| | Einfuhr 1906 | | | | Ausfuhr 1906 | | |
|---|--------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|------------------|---------------|
| | q (100 kg) | Wert Fr. p. q | Zoll- Ansatz | Betrag Fr. | q (100 kg) | Wert Fr. p. q | Betrag Fr. |
| 6. Mit Überzug: (Kommen in Zolltabellen nicht vor.) <i>b) Farbig gebrannt.</i> | | | | | | | |
| 7. Ohne Überzug: | | | | | | | |
| 647. Falzziegel, roh oder engobiert | 56,175 | 3.01 | 0.60 | 169,305 | 9,444 | 2.82 | 26,656 |
| 648. Dachziegel, andere | 15,648 | 2.88 | 0.50 | 45,041 | 14,212 | 3.08 | 43,733 |
| 649. Dachziegel, gedämpft, geschiefert, geteert, etc. | — | — | 1.25 | — | 199 | 4.45 | 887 |
| 651. Backsteine, ungelocht od. quer- gelocht | 73,582 | 1.91 | 0.25 | 139,904 | 204,586 | 1.59 | 324,529 |
| 652. Backsteine, längsgelocht, bis 30 cm | 13,538 | 1.88 | 0.60 | 25,496 | 22,035 | 1.99 | 43,821 |
| 653. Hourdis und andere | 4,530 | 2.50 | 0.70 | 11,325 | 60,241 | 2.83 | 170,324 |
| 654. Verblendsteine | 4,444 | 3.35 | 0.75 | 14,887 | 788 | 4.04 | 3,186 |
| 656. Platten, Fliesen, roh | 42,726 | 6.42 | 0.50 | 274,309 | 3,098 | 3.29 | 10,190 |
| 657. Platten, Fliesen, gedämpft, ge- schiefert, geteert, etc. | 1,966 | 7.83 | 2.— | 15,387 | 6 | 8.20 | 52 |
| 660. Backsteine, Röhren, Platten, etc., feuer- und säurefest | 138,586 | 6.33 | 0.30 | 876,683 | 1,738 | 10.16 | 17,649 |
| 661. Drainröhren | 343 | 3.35 | 0.50 | 1,149 | 2,799 | 3.19 | 8,930 |
| Zusammen | 351,538 | | | 1,573,486 | 319,146 | | 649,957 |
| 8. Mit Überzug: | | | | | | | |
| 650. Dachziegel, glasiert | 1,091 | 12.40 | 1.50 | 13,637 | 24 | 10.37 | 244 |
| 655. Backsteine, glasiert | 2,421 | 5.97 | 1.50 | 14,445 | 6 | 5.91 | 34 |
| 658. Platten, Fliesen, glasiert | 8,471 | 13.51 | 3.— | 114,467 | 54 | 21.61 | 1,173 |
| 659. Platten, Fliesen, mehrfarbig, bemalt, bedruckt, inkrustiert, etc. | 1,900 | 79.63 | 6.— | 151,303 | 58 | 79.25 | 4,568 |
| 662. Röhrenformstücke | 640 | 7.53 | 2.50 | 4,821 | 319 | 12.64 | 4,029 |
| 663. Architektonische Verzierungen | 415 | 42.89 | 2.— | 17,799 | 16 | 66.81 | 1,077 |
| 664. Kunstgebilde aus Terracotten | 285 | 333.— | 16.— | 94,762 | 11 | 648.— | 7,074 |
| 667. Ofenkacheln aller Art | 1,141 | 24.21 | 10.— | 27,624 | 88 | 27.97 | 2,465 |
| 668. Kachelofen, aufgesetzt, Ofen mit Kachelverkleidung | 371 | 69.43 | 10.— | 25,757 | 133 | 69.02 | 9,207 |
| 675. Steinzeugware, gemeine, Krug- ware | 3,913 | 25.13 | 3.50 | 98,329 | 188 | 26.88 | 5,065 |
| 677. Töpferwaren mit grauem oder rötlichem Bruch, roh oder gla- siert | 6,788 | 19.87 | 3.50 | 134,882 | 4,970 | 12.04 | 59,859 |
| Zusammen | 27,436 | | | 697,826 | 5,867 | | 94,795 |

Tonwaren. — Zusammenstellung.

| | Einfuhr 1906 | | Ausfuhr 1906 | |
|-------------------------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | q (100 kg) | Betrag Fr. | q (100 kg) | Betrag Fr. |
| A. Klinkerwaren. | | | | |
| <i>a) Weisslich gebrannt.</i> | | | | |
| 1. Ohne Überzug | — | — | — | — |
| 2. Mit Überzug | 51,696 | 5,034,186 | 2,510 | 272,986 |
| <i>b) Farblich gebrannt.</i> | | | | |
| 3. Ohne Überzug | 18,188 | 203,300 | 227 | 2,978 |
| 4. Mit Überzug | 14,763 | 161,090 | 720 | 14,731 |
| A. Klinkerwaren zusammen | 84,647 | 5,398,576 | 3,457 | 290,695 |
| B. Irdenwaren. | | | | |
| <i>a) Weisslich gebrannt.</i> | | | | |
| 5. Ohne Überzug | 7,734 | 105,660 | 96 | 2,647 |
| 6. Mit Überzug | — | — | — | — |
| <i>b) Farblich gebrannt.</i> | | | | |
| 7. Ohne Überzug | 351,538 | 1,573,486 | 319,146 | 649,957 |
| 8. Mit Überzug | 27,436 | 697,826 | 5,867 | 94,795 |
| B. Irdenwaren zusammen | 386,708 | 2,376,972 | 325,109 | 747,399 |
| Tonwaren Total | 471,355 | 7,785,548 | 328,566 | 1,038,094 |

Im alten Zolltarif waren die Tonwaren im XVI. Kapitel in 19 verschiedenen Nummern (694 u. ff.) untergebracht, während im neuen Tarif nunmehr 3 Unterabteilungen und 35 verschiedene Positionen unterschieden werden:

- A. Ton Nr. 647—668 22 Nummern
- B. Steinzeug „ 669—681 8 „
- C. Töpferwaren „ 677—681 5 „

Hieraus ergibt sich ohne weiteres, dass die von der Zollbehörde vorgenommene, wohl aus praktischen Erwägungen herausgewachsene Einteilung nicht mit der vorstehenden, mehr wissenschaftlichen der Materialprüfungsanstalt übereinstimmen kann. Es sind denn auch in mehreren Positionen des Zolltarifs Gegenstände zusammengefasst, die nach vorstehendem Schema nicht zusammengehören. Da jedoch eine nachträgliche Trennung nicht möglich war, ist für die Zuteilung immer derjenige Gegenstand als massgebend angenommen worden, der die Hauptmasse bildet, wie z. B. bei Position 660 die feuerfesten Steine, bei 678 die Töpferwaren mit weissem Bruch, etc.

Wie schon im technologischen Teil eingehend nachgewiesen wurde, fehlen der Schweiz die reineren, hochwertigen Tonsorten oder die sogenannten „Edeltone“ nahezu vollständig und damit fehlt ihr auch das Rohmaterial für die in vorstehender Tabelle unter A. a. 1 und 2 aufgeführten, weisslich gebrannten Klinkerwaren mit den Positionen 674, 676 und 678 bis 681 des neuen Zolltarifs, wie feines Steinzeug, Porzellan etc. und ebenso für die weisslich gebrannten Irdenwaren, B. a. 5 und 6 oder No. 665 und 666 des Zolltarifs, Gasretorten, Tiegel, Muffeln etc. Diese Waren können daher im Inlande nur dann hergestellt werden, wenn das Rohmaterial hierfür von auswärts bezogen wird. Es ist nun aber nicht Sache der geotechnischen Kommission, sich weiter damit zu befassen, da sie es sich gegenteils speziell zur Aufgabe gemacht hat, auf die Verwertung der im eigenen Lande vorhandenen Rohmaterialien und auf ungehobene Schätze jeder Art aufmerksam zu machen. Wenn sodann Industrien, welche auf den Bezug von ausländischem Material angewiesen sind, nur bei hohem Zollschatz gedeihen können, so ist deren Berechtigung eine etwas fragliche und volkswirtschaftlich kaum begründet, indem Gegenstände des allgemeinen Gebrauchs dadurch in nicht unerheblicher Weise verteuert werden.

Etwas günstiger liegen die Verhältnisse für die Fabrikation der farbig gebrannten Klinkerwaren, A. b. 3 und 4 der Tabelle oder No. 669 bis 673 des Zolltarifs, indem sich die Tone von Delsberg, Bonfol, Lohn, Lausen etc. vermöge ihrer chemischen Zusammensetzung, Schmelzbarkeit und Feuerfestigkeit mit geeigneten Zusätzen ohne Zweifel zur Herstellung von gesinterten Waren aller Art eignen und auch schon vielfach hiezu benützt werden: in Bonfol zur Erzeugung von irdenem, feuersicherem Küchengeschirr, in Carouge zu Steinzeug aller Art, in Embrach, jedoch teilweise mit starker Beimischung von fremdem Material, zur Fabrikation von Pflastersteinen, Röhren und Platten nach Mettlacher Art, in Allschwil zu Platten etc.

Die weitaus grösste Zahl unserer Tone gehört jedoch zu den gewöhnlichen Ziegel- oder Töpfer-tonen, die sich nur zur Erzeugung von farbig gebrannten Irdenwaren eignen, wie sie unter B. b. 7 und 8 der Tabelle oder in den No. 647 bis 665, 667, 668, 675 und 678 des neuen Zolltarifs aufgezählt sind. In der Hauptsache sind es Gegenstände, wie sie im Baugewerbe verwendet werden, Ziegel, Backsteine, Platten, Röhren, roh und glasiert, und sodann noch Ofenkacheln und gemeine Töpferwaren.

Mit dem Fehlen der Rohmaterialien ist deshalb die Einfuhr der folgenden Waren (im Jahr 1906) sehr erklärlich:

| | |
|--|---------------------------------|
| A. a. Klinkerwaren weisslich gebrannt im Werte von | Fr. 5,034,186 |
| B. a. Irdenwaren | „ „ „ „ „ „ 105,660 |
| | oder zusammen von Fr. 5,139,846 |

wogegen die Einfuhr der übrigen Tonwaren:

| | |
|---|--|
| A. b. Klinkerwaren farbig gebrannt im Werte von | Fr. 364,390 |
| B. b. Irdenwaren | „ „ „ „ „ „ 2,271,312 |
| | oder zusammen im Werte von Fr. 2,635,702 |

nicht ausschliesslich mit dem Fehlen der Rohmaterialien begründet werden kann, da diese Waren wenigstens zu einem erheblichen Teil mit Materialien, die sich im Lande finden, würden erzeugt werden können.

Es darf übrigens erwähnt werden, dass in jüngster Zeit in dieser Beziehung einige

Fortschritte zu verzeichnen sind und z. B. die Einfuhr von hart gebrannten Bodenplatten, Pos. 669 und 670, bedeutend zurückgegangen ist und zwar von Fr. 497,049 im Jahr 1905 auf Fr. 203,300 im Jahr 1906. Nebenbei sei hier schon bemerkt, dass die Zolltabellen für das Jahr 1906 noch nicht erschienen sind, die bezüglichen Angaben aber in entgegenkommendster Weise vom handelsstatistischen Bureau zur Verfügung gestellt wurden.

In nahezu allen übrigen Rubriken zeigt dagegen die Einfuhr im Jahr 1906 wieder eine kleine, aber um so auffallendere Zunahme, da bekanntlich im Jahr 1905 infolge der in Aussicht stehenden Zollerhöhungen gegen die letzten Monate des Jahres hin eine mehr als normale Einfuhr stattgefunden hatte. Nach der Zollstatistik hat der Wert der Ein- und Ausfuhr in den letzten drei Jahren betragen:

| Jahr | Einfuhr | Ausfuhr |
|------|---------------|-------------|
| 1904 | Fr. 6,848,854 | Fr. 818,562 |
| 1905 | „ 7,921,365 | „ 1,012,289 |
| 1906 | „ 7,785,548 | „ 1,038,094 |

Die Einfuhr ist somit, wenn die abnormen Verhältnisse des Jahres 1906 berücksichtigt werden, immer noch in Zunahme begriffen, während bei der Ausfuhr eine erhebliche Änderung nicht eingetreten ist.

Die Gegenstände, deren Erstellung im Inlande möglich sein würde, sind den bereits gebrachten Tabellen leicht zu entnehmen; es betrifft, um nochmals darauf hinzuweisen, zum Teil die Klinkerwaren mit farbig gebranntem Bruch oder die soeben erwähnten Positionen 669 und 670, deren Einfuhr um zirka die Hälfte zurückgegangen ist, 1906 im Werte von noch Fr. 203,300, sodann die Positionen 671 bis und mit 673, wie glasierte Platten, Fliesen, Röhren etc. im Werte von Fr. 161,090 und die farbig gebrannten Irdenwaren:

| | |
|---|-------------|
| Pos. 647/48 Falz- und Dachziegel | Fr. 214,346 |
| „ 651/52 Backsteine un- und quergelocht | „ 165,400 |
| „ 656/57 Platten, Fliesen, roh, gedämpft etc. | „ 289,696 |
| „ 658/59 Platten, Fliesen, glasiert, mehrfarbig | „ 265,770 |
| „ 660 Backsteine, Röhren, Platten, feuer- und säurefest | „ 876,683 |
| „ 675 u. 677 Gemeine Steinzeug- u. Töpferwaren | „ 233,211 |

Für alle diese Gegenstände dürfte ohne Zweifel nach den neuen Untersuchungen der geotechnischen Kommission das Rohmaterial wenigstens zum Teil im eigenen Lande zu finden sein. Die trotz hohem Zollschutz dennoch bedeutenden Bezüge aus dem Auslande, vornehmlich aber aus Deutschland, lassen kaum etwas anderes annehmen, als dass diese Industrien in unserem Lande noch nicht genügend entwickelt und nicht leistungsfähig genug sind. Hoffentlich tragen aber die neuen Untersuchungen etwas dazu bei, die Unternehmungslust zu steigern und noch nicht benützte Quellen zu öffnen.

Ein Vorbehalt ist immerhin, wenn die von der Zollbehörde vorgenommene Einreihung der Tonwaren in die verschiedenen Positionen als richtig angenommen wird, hinsichtlich der Position 660 soweit sie feuerfeste Gegenstände betrifft, sowie der Positionen 669 und 670 zu machen, da auch in Zukunft nur ein sehr kleiner Bruchteil dieser

Waren in der Schweiz hergestellt werden kann, wenn ausschliesslich nur inländische Rohmaterialien zur Verwendung kommen sollen. Für die hochfeuerfesten Waren sowohl, als ganz speziell noch für die weissen, grauen, weisslich gelben und gelben Fussbodenplatten nach Mettlacherart, wie sie heute in der Schweiz massenhaft gebraucht werden, fehlen die geeigneten Rohmaterialien ebenso, wie für alle porzellanartigen Gegenstände. Für solche Produkte bedarf es Materialien, die reich an Tonerde sind und wenig Sand (Quarz), Kalk, Eisenoxyd enthalten. Ein schwacher Gehalt an Feldspath oder andern alkalihaltigen Mineralien ist dagegen nicht ungünstig, weil dadurch die Sinterung begünstigt wird. Die Tonerde aber gibt den Produkten hohe Festigkeit, Dichte und Härte ohne Sprödigkeit. Unsere sich hellfarbig brennenden Tone, die wir massenhaft besitzen (z. B. die Uetlibergtone) liefern zwar auch hübsche helle Farben, die aber stets durch einen abnorm hohen Gehalt an kohlensaurem Kalk von 20—30 % hervorgerufen werden. Solche Tone liefern, wie dem technologischen Teil näher zu entnehmen ist, auch bei ziemlich scharfem Brand keine harten und dichten, sondern nur stark poröse Produkte. Will man sie aber bis zur völligen Verdichtung brennen, so deformieren sie sehr leicht und gehen sofort in Fluss über. Dies ist eine besondere und unangenehme Wirkung des starken Kalkgehaltes.

Etwas günstiger liegen die Verhältnisse bei uns für die Herstellung dunkelroter Fussbodenplatten, die viel aus Italien und Südfrankreich, hauptsächlich aus Treviso und Marseille bezogen werden. Hier haben wir viele Materialien, die mit geringen Zusätzen und geeigneten Mischungen durchaus konkurrenzfähige Produkte liefern dürften.

Der Mangel an tonerdereichen, kalkarmen und eisenfreien Tonen ist auch der Grund, warum z. B. Schaffhausen und Embrach für Steinzeugröhren, Bodenplättli etc. nahezu ausschliesslich fremde Rohmaterialien verwenden.

Bei der Fabrikation sind zwei Hauptgruppen zu unterscheiden: die Töpferei im weiteren Sinne, d. h. die Anfertigung von Porzellan, Steinzeug, Fayence und eigentlichen Töpferwaren aller Art, und die Ziegelei, welche die Erstellung von Ziegeln, Backsteinen, Röhren und vieler anderer Gegenstände des Baugewerbes umfasst.

Die Töpferei ist in unserem Lande noch sehr schwach entwickelt und vertreten, da das Rohmaterial für die feinere Töpferei vollständig fehlt; doch gibt es verschiedene Geschäfte, die sich mit Anfertigung von gewöhnlichem Brauchgeschirr befassen, nach der Privatenuete des Hrn. *Alex. Koch*, die er anlässlich der Landesausstellung von 1883 gemacht hat, sind es deren sogar 110, wobei solche von Flurlingen, Heimberg, Bonfol, Berneck, Allschwil und Lausen namentlich aufgeführt werden.

Über die Heimberger Industrie sind schon im ersten Teil, gestützt auf den Bericht des mit der Untersuchung betrauten Geologen einige Angaben gemacht und ist angeführt worden, dass sowohl das Rohmaterial als die Einrichtungen und der Betrieb vieles zu wünschen übrig lassen. Nach neueren Mitteilungen werden jedoch in jüngster Zeit sehr bedeutende Anstrengungen zur Hebung der Industrie sowohl, als zur Aufindung eines besseren Rohmaterials gemacht. Es ist in Heimberg selbst eine Art keramischer Schule errichtet worden, die vom Kanton Bern und dem Bunde unterstützt wird; ferner werden strebsame junge Leute mit Stipendien ausgerüstet, damit sie sich auswärts umsehen und ausbilden können. Etwas ähnliches geschieht auch in Bonfol und die Regierung des Kantons Bern hat hier zwei jungen Leuten ebenfalls Stipendien

verabfolgt und sie die renommierte keramische Schule von Strassburg besuchen lassen. Diese sind nun bereits wieder nach Hause zurückgekehrt und betätigen sich, die andern belehrend, an der Hebung der während einiger Zeit etwas im Rückgang befindlichen Industrie. Da an beiden Orten die Industrie von Alters her heimisch ist und geübte Arbeiter vorhanden sind, so ist zu hoffen, dass diese Anstrengungen von Erfolg sein werden, in Bonfol um so mehr, als hier ein vorzügliches, zu feuersicherem Geschirr geeignetes Material in grosser Menge vorhanden ist. Die Erzeugnisse haben einen so guten Ruf, dass sie unter der Bezeichnung „nach Pruntrut Art“ auch anderwärts vielfach nachgemacht werden.

In Heimberg beschäftigen sich die vorhandenen 47 Geschäfte mit Ausnahme von 7 nur mit Anfertigung von gewöhnlichem Gebrauchsgeschirr, doch auch diese, welche Kunstgegenstände anfertigen, erzeugen daneben und zum Teil vorwiegend ebenfalls noch gewöhnliches Geschirr.

In der Kunsttöpferei hat Heimberg in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte aufzuweisen; die etwas naiven Formen und Farbenzusammenstellungen, die demselben durch ihre Originalität allerdings die ersten Erfolge gebracht haben, verschwinden mehr und mehr. An Stelle der Naturkünstler sind wirkliche Künstler getreten, die Formen sind gediegener geworden, wie auch die Bemalung sich mehr dem heutigen Geschmack anzupassen sucht.

Die Konkurrenz auf diesem Gebiete ist jedoch eine sehr grosse; auch bildet das zum Teil minderwertige Rohmaterial eine Schranke, so dass die Heimberger Industrie sich nur bei Anfertigung eines guten und haltbaren Gebrauchsgeschirrs einen grösseren Absatz erwerben können. Das wäre das Ziel, nach dem gestrebt werden sollte; der Erfolg wird um so weniger ausbleiben, wenn gleichzeitig mit gutem Geschmack und nie ruhender Strebsamkeit, wie bisanhin, an der Vervollkommnung der Fabrikation gearbeitet wird.

Eine andere irgendwie ausgedehntere Fabrikation von besserem Gebrauchsgeschirr ist nach den eingezogenen Erkundigungen in der Schweiz nicht zu finden; einzig zu nennen ist eine Fabrik in Carouge, welche aus inländischem Ton gutes gewöhnliches Steingut erzeugen soll, sowie eine solche in Schaffhausen, welche mit fremden, eingeführten Tonen weisses und graues Steinzeug, sowie farbiges Geschirr und sogenanntes Pruntrut Geschirr mit hoher Feuersicherheit erzeugt.

An verschiedenen Orten der Schweiz wird dagegen noch das namentlich auf dem Lande gebräuchliche gewöhnliche, meist farbige, sogenannte Hafnergeschirr erzeugt; doch wird allgemein die Beobachtung gemacht, dass auch diese Industrie gegenwärtig eher im Rückgang begriffen ist. Die Einfuhr von gewöhnlichem Geschirr ist deshalb eine nicht unerhebliche und in starker Zunahme begriffen, so dass gut eingerichtete Fabriken auf diesem Gebiete Erfolg haben sollten.

Für Töpferwaren aller Art, Blumentöpfe, Fayencen und sonstige Dekorationsstücke, roh, glasiert und bemalt, an die puncto Härte des Scherbens keine besonders hohen Anforderungen gestellt werden, jedenfalls nicht so hohe, wie an Bodenbelagsmaterialien, sind mittel- und dunkelfarbige Rohmaterialien genug vorhanden, so dass man ohne fremde Rohmaterialien oder doch mit nur geringen Zusätzen auskommen kann. Das ist die Richtung, in welcher unsere Keramik noch neue Artikel sollte schaffen und Erfolge

sollte erzielen können. Nur müssen die Rohmaterialien hinreichend fein pulverisiert, homogenisiert und genügend scharf gebrannt werden.

Erheblich günstiger steht es mit der Fabrikation von Ofen- und Wandbekleidungskacheln, deren Verwendung immer mehr in Gunst kommt und die an verschiedenen Orten der Schweiz, in Embrach, Biel, Zug, Winterthur, Matzingen etc., zum Teil in vorzüglicher Weise erstellt werden. Für diese Erzeugnisse ist das Rohmaterial in unserem Lande nahezu überall in guter Qualität zu finden, so dass auf diesem Gebiete die starke Einfuhr leicht sollte verdrängt werden können.

Noch günstigeren Verhältnissen begegnen wir wenigstens in Bezug auf die Rohmaterialien bei den eigentlichen Ziegeleiartikeln. Hier ist die erhebliche Einfuhr, welche im Jahr 1906 einen Betrag von zirka 1½ Millionen Franken erreicht hat, dazu bei den sehr hohen Zöllen, kaum begreiflich, so dass man sich wirklich fragen muss, ob diese Industrie auf der Höhe steht. Irgendwo muss es hapern, wenn ein Land, das mit dem zur Erzeugung der gewöhnlichen Ziegelware erforderlichen Rohmaterial sogar reichlich gesegnet ist, dennoch eine erhebliche Menge von Rohirdenzeug aller Art von auswärts bezieht. Dazu sind die Einfuhrzölle so hoch, dass die Mehrfracht auf Kohlen gegenüber ausländischen Fabriken dadurch mehr als aufgewogen wird. Es sind förmliche Schutzzölle von einer Höhe, wie sie nur bei der Tonindustrie von den Interessenten verlangt und beim Abschluss der Handelsverträge festgehalten worden sind. Beim Durchgehen der bezüglichen Tabelle pag. 29/30 wird sich jeder selbst hievon überzeugen können. Sind doch hier einzelne in der Schweiz sonst nicht gewohnte Ansätze von 20, 25, ja sogar 40 und noch mehr % des Wertes nichts Seltenes. Es wird im Nachstehenden sich noch Gelegenheit bieten, auf die Gründe aufmerksam zu machen, die wenigstens zum Teil an diesem Stand der Dinge mit die Schuld tragen werden. Immerhin soll anerkannt werden, dass die Einfuhr gewöhnlicher Ziegelwaren im Laufe der Jahre, wie den Zusammenstellungen Pos. 694 und 697, pag. 18/19 zu entnehmen ist, nicht unerheblich abgenommen hat. Bei den gewöhnlichen Backsteinen a. Pos. 697 war die Ausfuhr sogar erheblich grösser, weil Deutschland bis jetzt auf dieser Ware keinen Zoll erhob und die an der Grenze liegenden Ziegeleien in den Kantonen Basel, Schaffhausen und Thurgau dadurch einigen Absatz jenseits der Grenze fanden. Vom 1. März 1906 an erhebt nun aber auch Deutschland einen Zoll von Fr. 0.05 per q, so dass schon im Jahr 1906 die Ausfuhr um mehr als die Hälfte gegen 1905 zurückgegangen ist und ohne Zweifel noch weiter zurückgehen wird, da zu Anfang des Jahres 1906 die Einfuhr noch frei war.

Die schweizerische Ziegelindustrie hat, was durchaus anzuerkennen ist, in den letzten Jahrzehnten einen grossen Aufschwung genommen und sich ganz gewaltig vervollkommenet, so dass sie auch den grössten Teil des Bedarfs zu decken vermag; daher dürfte ein weiteres Zurückdrängen der Einfuhr bei weiterer Anstrengung nicht ausgeschlossen sein. Vor allem aber ist daran zu erinnern, dass in unseren Nachbarländern vielleicht doch noch etwas mehr als bei uns nach Mitteln und Wegen zur Vervollkommnung der Fabrikationsverfahren sowohl, als zur Verbesserung der Fabrikation selbst, gesucht wird. Wenn auch die Technik des Brennens einschliesslich der verschiedenen Verfahren längst bekannt gewesen und schon frühzeitig zu hoher Entwicklung gelangt ist und es bisher nicht gelungen ist, in dieser Beziehung erheblich grössere Fortschritte zu erzielen, so besteht doch in der Neuzeit ein gewaltiger Unterschied in der Art und in

der Vielseitigkeit der Erzeugung. An Stelle der früheren ausschliesslichen Handarbeit ist immer mehr diejenige der Maschinen getreten. Das Mischen, Kneten und Schneiden des Tones, sowie das Ziehen oder Pressen in Formen, wie auch noch der Transport mittels Bahnen, Hebewerken, Paternostern u. s. w., alles geschieht mit Maschinen, so dass eine mit den neuesten Einrichtungen ausgerüstete Ziegelei an sich schon ein wahres Wunderwerk ist. Am weitesten haben es in dieser Beziehung die Engländer und Amerikaner mit Anwendung von Maschinen gebracht, welche das Material trocken verarbeiten und deren Betrieb von der Witterung und der Jahreszeit unabhängig ist. Die so erstellten sogenannten Trockensteine stehen in Qualität den besten Erzeugnissen des Nassverfahrens nicht nach; ihr Aussehen ist ein schöneres, ihre Form eine tadellose und dazu lassen sie sich ebenso gut behauen und bearbeiten, wie die von Hand geformten Steine, während die Form der auf nassem Wege hergestellten Steine häufig zu wünschen übrig lässt und diese nicht selten windschiefe Flächen und verbogene Kanten aufweisen.

Ziegelbauten in England.

In England steht zur Zeit die Tonwarenindustrie wohl auf höchster Stufe und wird kaum irgendwo die Ziegelbauweise in so ausgedehntem Masse zur Anwendung kommen. Ist doch London in der Hauptsache eine förmliche Ziegelstadt, indem nur wenige Gebäude nicht aus Backstein erbaut sind. Eigentliche Hausteinfassaden kommen namentlich bei Privathäusern nahezu gar nicht vor und ebenso gibt es nur sehr wenige Gebäude, deren Fassade in Putz erstellt ist. Was die englische Ziegelbauweise sodann besonders auszeichnet, ist ihre Vielseitigkeit; während in der Schweiz, und bis vor kurzem in Deutschland, nur der Verblendbau mit Anwendung ausgelesener Formsteine oder besonderer Verblendsteine bekannt ist, werden in England*) drei vollständig verschiedene Bauweisen unterschieden:

1. Bauten mit gewöhnlichen Back- und Formsteinen;
2. Bauten mit Terracotten und
3. Bauten mit sogenannten Schnittsteinen.

Der Verblendbau dagegen mit Steinen von besonders präparierter Oberfläche ist in England nicht bekannt, wie ebensowenig Steine dieser Art erzeugt werden.

Ad 1. Der Bau mit gewöhnlichen Ziegelsteinen unter Anwendung von Formsteinen aller Art ist in England ungemein verbreitet; nach gefl. Mitteilungen des Hrn. *Alex. Koch*, Architekt in London, der sich seit vielen Jahren dort befindet, werden 99 % aller Bauten Londons aus sogenannten „Stocks“, nach hiesigen Begriffen einem Feldbrandziegel rohester Art, erzeugt. Es sei ein ganz vorzügliches Material und es kosten zur Zeit 1000 Stück in Höhe des Flusses franco Baustelle 34—38 Fr., während besonders ausgesuchte und vollkommene Stücke für die Aussenseite der Mauern bis zu Fr. 70.— bezahlt werden. Gewöhnlich werden jedoch die Bauten ohne solche sorgfältig zubereitete Stücke ausgeführt und die Verkleidungssteine nur aus den gewöhnlichen Stocks ausgesucht. Die Steine werden mit ganz engen Fugen von nur wenigen Milli-

*) Nach den Mitteilungen des auch bei uns bestens bekannten Architekten *H. Muthesius*, des langjährigen technischen Attaché der deutschen Gesandtschaft in London, die s. Z. im Centralblatt der Bauverwaltung in Berlin erschienen sind.

metern und einem steifen Luftmörtel vermauert und sei es ganz wunderbar, welch schönes Mauerwerk der englische Arbeiter mit diesen massigen Ziegeln herzustellen vermöge. Die Mauern sind weder glatt und glänzend, noch eintönig und charakterlos und wird auch auf eine durchaus gleichmässige Farbe kein Gewicht gelegt. Der Oberflächenglanz der verfeinerten Verblendsteine fehlt; dafür zeichnen sich die englischen Ziegelbauten durch ein gesundes, kräftiges und urwüchsiges Ansehen sehr vorteilhaft aus. Nicht nur legt aber der englische Architekt auf eine glatte und eintönige Oberfläche kein Gewicht, sondern er vermeidet sie geradezu und sucht mit rohen und kernigen Steinen den Mauern eine gewisse Rauigkeit und Lebendigkeit zu geben, die von den zwar eleganten und verfeinerten gleichmässig gefärbten Verblendsteinen niemals zu erreichen ist. Bezeichnend ist ferner der Reichtum an Formsteinen aller Art; es gibt Fabriken, deren Kataloge bis zu 300 verschiedene Formsteine aufweisen, deren Zahl noch fortwährend vermehrt wird.

Häufig werden in England auch Bauten erstellt, bei denen Terracotten oder auch Schnittsteine in Verbindung mit gewöhnlichen Backsteinen verwendet werden, wogegen eine Verwendung mit Hausteinen weit seltener ist.

Ein Beispiel eines englischen Ziegelbaues gibt die Abbildung Fig. 1 pag. 16 eines Landhauses Broome Park in Barham (Kent), das nahezu ganz aus Backsteinen erstellt und auch deshalb noch gewählt worden ist, weil es zugleich zeigt, in welcher reizvoller Weise sich dieses Material von geschickter Hand verwenden lässt.

Ad 2. Die Terracotten-Bauweise wurde schon im 13., noch mehr aber im 16. Jahrhundert, zur Zeit der englischen Renaissance, vielfach angewandt, dann aber, als der italienische Geschmack vorherrschend wurde, wieder fallen gelassen, um erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, allerdings wieder in erhöhtem Masse, aufgenommen zu werden. Heute ist diese Bauweise zu hoher Vollendung gelangt, hat vielfach den Haustein verdrängt, indem jetzt mit Vorliebe ganze Fassaden mit Terracottenblöcken bekleidet werden. Eines der grössten Bauwerke dieser Art, das in den Jahren 1873 bis 1880 erbaute South-Kensington-Museum, ist mit zirka 16,000 m² überbauter Grundfläche noch heute als der grösste Terracottenbau der Welt zu bezeichnen und wird noch bedeutend erweitert.

Die Terracottenblöcke werden nur zur Verkleidung verwendet; sie sind höchstens 46 cm lang und ihre Höhe und Tiefe wird so gewählt, dass sie mit den Massen der zur Hintermauerung verwendeten Ziegelsteine übereinstimmen; sie greifen $\frac{1}{2}$ —1 Stein in die Mauer ein und sind 2—5 Schichten oder 15—38 cm hoch. Jeder Block bildet einen Hohlkörper mit einer oder mehreren Kammern; ähnlich wie bei den Ofenkacheln fehlt auch eine Rückwand und die Wandstärke beträgt 2,5—4 cm. Die Hohlräume werden schon vor dem Versetzen mit magerem Beton (1:10) oder mit einem Konkret aus Ziegelbrocken ausgefüllt.

Der Terracottenbau hat namentlich in England bei der rauchdurchsetzten Atmosphäre der Städte den Vorzug, dass er den schädlichen Einflüssen der Witterung und der mit Rauch und schwefliger Säure vielfach geschwängerten Atmosphäre sogar bessern Widerstand leistet, als die meisten Hausteine und namentlich die grosse Zahl der Sandsteine, deren Oberfläche nicht nur meist sofort schwarz gefärbt, sondern sogar nach kurzer Zeit förmlich zerstört wird, während die harte und dichte Oberfläche der Terracotten nicht nur Stand zu halten, sondern sogar auf die Dauer noch die lebhaft

Farbe zu bewahren vermag. Als weiterer Grund für die Bevorzugung der Terracotten vor den Hausteinen wird deren grössere Billigkeit angeführt und angegeben, dass die Ersparnis 20—40% betrage.

Die Terracottentechnik ist deshalb in England zu hoher Vollendung gelangt und gibt es eine Anzahl von Fabriken, die nicht nur ein tadelloses Material liefern, sondern auch den Aufträgen grössten Umfanges gewachsen sind. Monumentalbauten ersten Ranges sind ausschliesslich aus diesem Material erstellt, wie das bereits genannte South Kensington-Museum, sowie das Gerichtsgebäude in Birmingham u. a. m. Die neben-

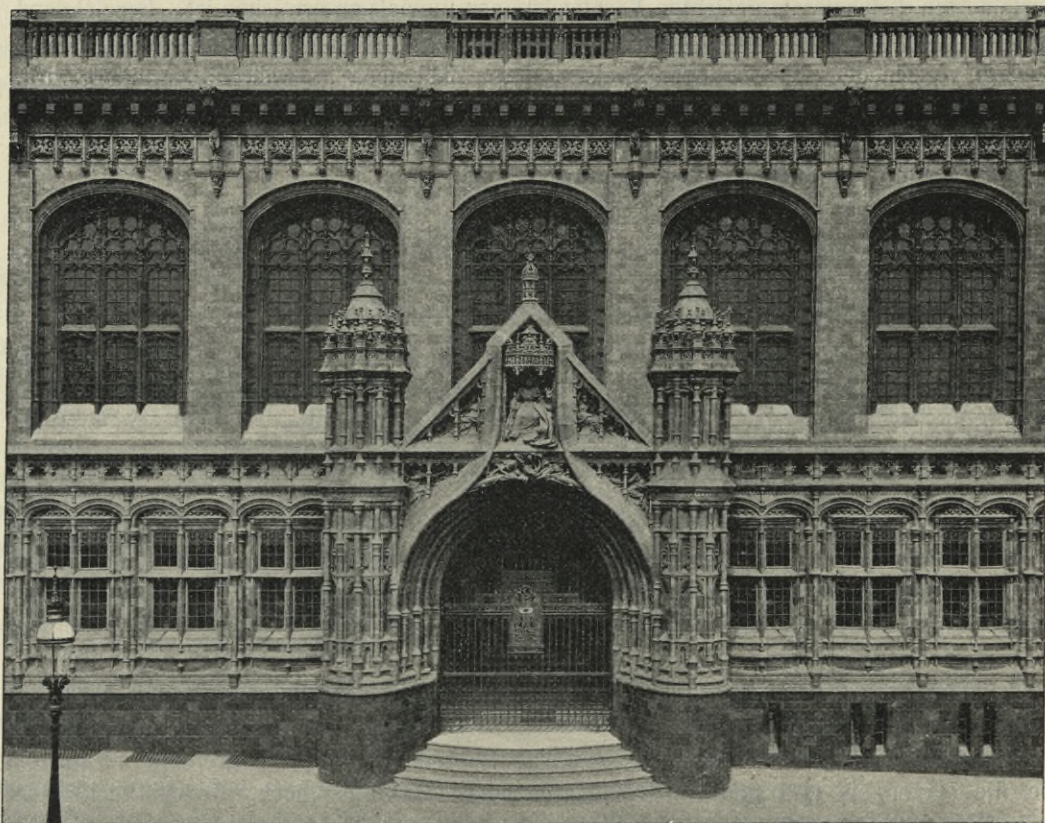


Fig. 2. Gerichtsgebäude Birmingham, Archit. Aston Webb. Hauptansicht.

stehenden Abbildungen Fig. 2 und 3 des letztgenannten Gebäudes werden den Beweis leisten, dass sich mit solchem Material grosse Effekte erzielen lassen und dass die Terracottentechnik nahezu jeden architektonischen Wunsch zu erfüllen vermag, der nicht zu grosse Quaderstücke verlangt.

Für das gute Gelingen der Fabrikation ist in erster Linie die Güte des Rohmaterials ausschlaggebend. Nachdem der Ton fein gemahlen und gut durchgearbeitet ist, wird er modelliert oder in Formen gepresst und alsdann in Öfen getrocknet, bis die Stücke zum Brennen hart genug sind. Die Erhitzung bis zur höchst zulässigen Temperatur erfolgt

allmählig in 7—10 Tagen, ebenso darf die Abkühlung nur langsam vor sich gehen; sie nimmt deshalb wieder etwa eine Woche in Anspruch. Von der sorgfältigen Erwärmung und Abkühlung hängt vor allem die genaue Form der Stücke, sowie die Ebenheit der Flächen ab. Die Härte dagegen wird durch den Hitzegrad bestimmt und wird in der Regel

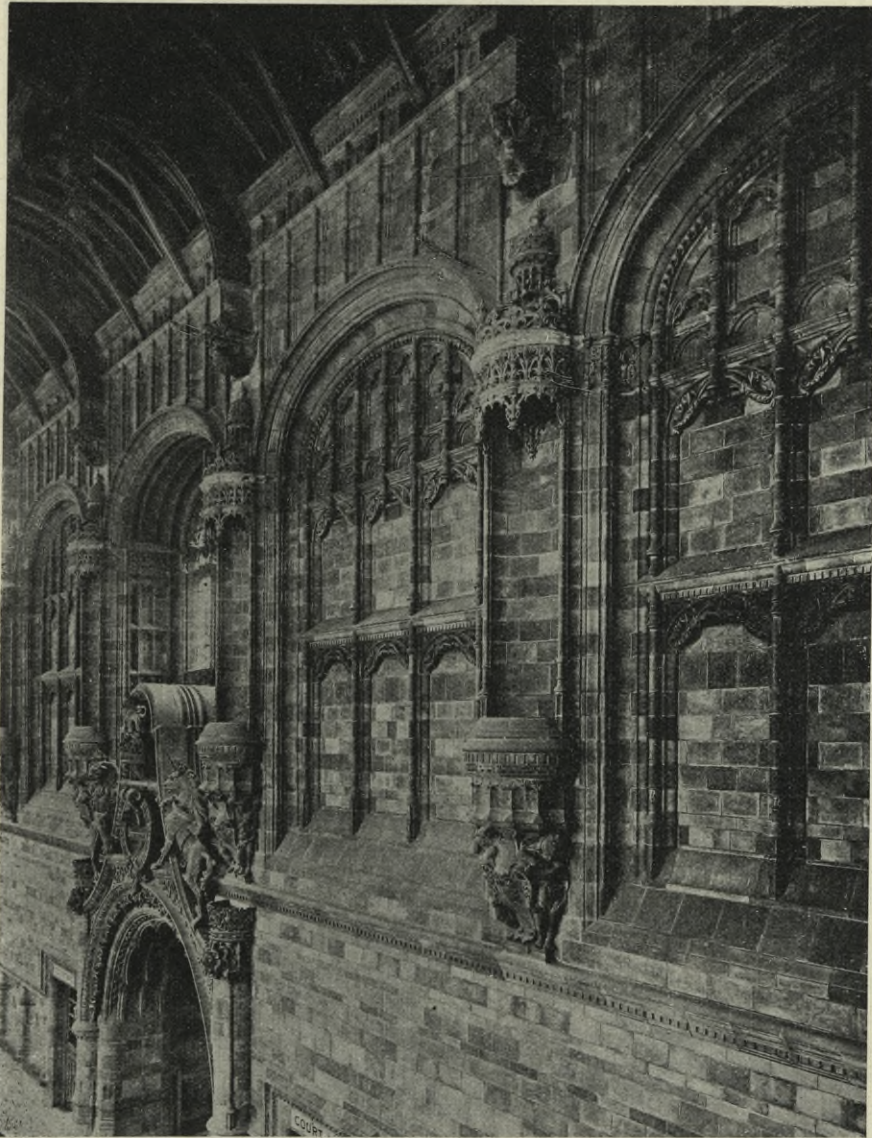


Fig. 3. Gerichtsgebäude Birmingham, Archit. *Aston Webb*. Hofpartie.

so gewählt, dass der Stein mit dem Steinhauerwerkzeug nicht mehr zu bearbeiten ist. Im Interesse der Herstellung sind kleine Stücke erwünscht, während umgekehrt die architektonische Wirkung auf grosse Dimensionen dringt. Der Preis der Terracottenblöcke stellt sich je nach Form und Grösse per m³ auf 180 bis 300 Fr., wobei aber zu



Fig. 4. Claridges Hotel, London, Archit. C. W. Stephens.

beachten ist, dass in Wirklichkeit nur eine verhältnismässig dünne äussere Verkleidung mit diesem höheren Preise zu bezahlen ist.

Ad 3. Die Technik der sog. Schnittsteine, welche sich vermöge ihrer vielen Vorzüge immer mehr ausbreitet, ist nicht gerade neu, sie soll schon im 16. Jahrhundert durch holländische Werkleute nach England gebracht worden sein, jedoch damals und noch längere Zeit nur in beschränkter Weise Anwendung gefunden haben. Die sehr gleichmässig gebrannten Handsteine werden vor, aber gewöhnlich erst nach dem Versetzen mit Sägen, Messern und Werkzeugen aller Art geschnitten und ähnlich wie bei uns die weichen französischen Kalksteine bearbeitet oder auch geschliffen, gehobelt und poliert. Die Schnitt-Technik ist jetzt in England so beliebt, dass kaum mehr ein Ziegelbau vorkommt, bei dem nicht wenigstens bei einzelnen Teilen davon Gebrauch gemacht wird. Namentlich werden auch Gewölbsteine auf diese Weise erzeugt und ist die Anfertigung keilförmiger Gewölbsteine so gut wie unbekannt. Die leichte Behandlungsweise gestattet volle künstlerische Freiheit, wie sie kaum auf anderem Wege denkbar ist. Die Fugen stören dabei nicht im geringsten; sie beeinträchtigen die Wirkung in keiner Weise, welche gegenteils durch die Weichheit der Schnittflächen erhöht wird. Bedeutend sind auch die praktischen Vorteile, da alles sehr viel einfacher ist, als bei jeder andern Bauweise mit Hausteinen oder Terracotten, das ganze Material für den Bau schon zum voraus beigelegt und nach Belieben verwendet werden kann. Alle modernen englischen Architekten wenden denn auch diese Bauweise mit Vorliebe an, besonders noch deshalb, weil sie die Pläne nicht zum voraus schon bis in alle Details auszuarbeiten haben, wie das bei Verwendung von Hausteinen oder noch mehr bei Terracotten der Fall sein müsste.

Ein Beispiel, in welcher ausgedehnter Weise Schnittsteine zur Anwendung kommen können, gibt Fig. 4.

Die Haltbarkeit der Schnittsteine ist nach Erfahrung eine sehr grosse, indem Bauten von einem Alter bis zu 200 Jahren noch nicht die geringste Verwitterung oder Beschädigung aufweisen und sogar noch die Striche der Bearbeitung deutlich erkennen lassen. Das englische Klima ist zwar ein sehr mildes; aber auch in Holland ist das Verhalten dieser Steine ein ähnliches und ist auch dort bei Bauten von noch höherem Alter keinerlei Verwitterung wahrzunehmen.

Ziegelbauten in Deutschland und in der Schweiz.

Neben England ist es noch Deutschland und namentlich das nördliche, wo zum Teil schon aus Mangel an guten Bausteinen der Backsteinbau ganz besonders in Aufschwung gekommen ist. Die Ausführung beschränkte sich jedoch bis vor kurzem auf die Verwendung von gewöhnlichen Back- und sogenannten Verblendsteinen; erst in neuerer Zeit sind, wahrscheinlich von England beeinflusst, auch Terracotten und in jüngster Zeit auch Schnittsteine verwendet worden. Besonders die letztere Bauweise, die sich der modernen jetzigen Architektur so gut anpassen lässt, wird vermöge ihrer vielen Vorzüge und guten Eigenschaften, wenn nicht alles trügt, noch berufen sein eine grosse Rolle zu spielen.

In Nr. 2 der „Deutschen Bauzeitung“ vom 5. Januar dieses Jahres findet sich eine derartige Lösung, die das Gesagte bestätigen wird. Dem Entgegenkommen des Archi-

tekten sind die beiden Abbildungen Fig. 5 und 6 zu verdanken, denen zu entnehmen ist, wie glücklich die stilistische Behandlung des Untergeschosses durchgeführt worden ist. Es wird in dem betreffenden Artikel noch erwähnt, dass wahrscheinlich hier zum ersten Mal für Berlin das englische Verfahren, „aus dem Backstein figürliches und ornamentales Ornament auszuhauen“, zur Anwendung gekommen sei.

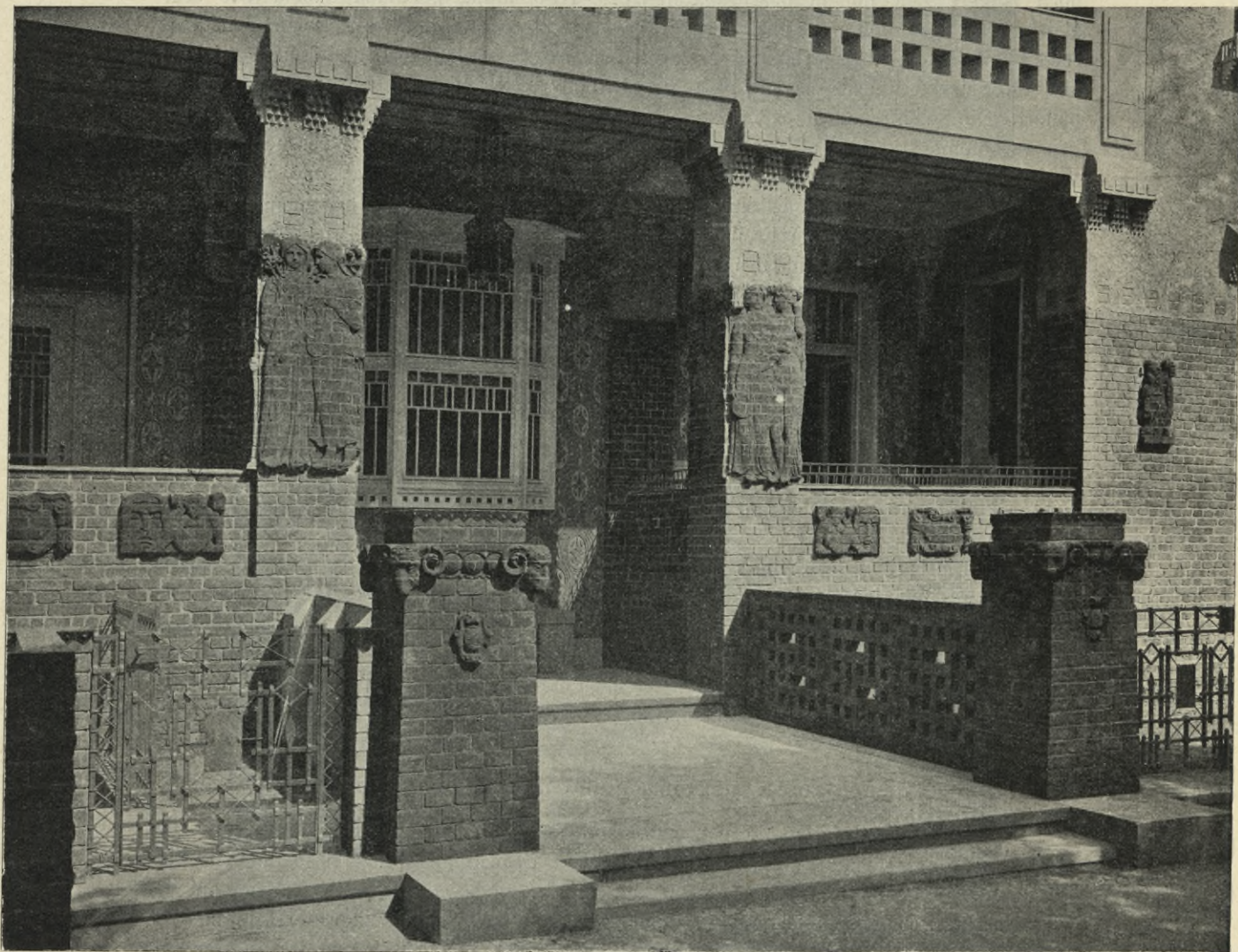


Fig. 5. Wohnhaus Kurfürstenstrasse 110 Berlin, Archit. Max Bischoff, Berlin. Ansicht der Eingangshalle.

In ganz ähnlicher Weise ist bei dem Neubau einer Bezirksfeuerwache in Leipzig-Gohlis nach einer Mitteilung in Nr. 7 der Zeitschrift „Der Profanbau“ die Fassade in Rathenower Handstrichsteinen mit Reliefs, allegorischen Darstellungen und dem Stadtwappen in der englischen Schnittmanier versehen worden. Auch hier ist der Eindruck

ein durchaus günstiger und ist mit geringen Mitteln eine sehr beachtenswerte Wirkung erzielt worden. Es ist nicht zu bezweifeln, dass diese beiden Beispiele sehr bald zu zahlreichen Nachahmungen Anlass geben werden, wenn es nicht bereits geschehen ist.

In alter Zeit ist übrigens auch in der Schweiz etwas ganz ähnliches bei Kamin-aufbauten über Dach zur Anwendung gekommen, bei denen die Maurer, wie jetzt noch bei älteren Bauten etwa wahrzunehmen ist, ebenfalls Verzierungen aus gewöhnlichen Backsteinen herausarbeiteten. Später hat sich diese Art der Ausführung vollständig verloren und nur bei dem 1893 von *Alex. Koch* erbauten Hirschengraben-Schulhaus sind, wie aus Fig. 8 und 9, pag. 48 und 49, ersichtlich sein dürfte, bei den beiden Wappen rechts und links vom Haupteingang Schnittsteine, die aus England bezogen wurden, verwendet worden.



Fig. 6. Details eines Pfeilers in Fig. 5.

Die schweizerische Ziegelindustrie hat, wie bereits erwähnt wurde, in den letzten Jahrzehnten einen sehr bedeutenden Aufschwung genommen, so dass nun der grösste Teil des Bedarfs auch von ihr gedeckt wird; dennoch dürfte ein weiteres Zurückdrängen der Einfuhr bei weiterer Anstrengung nicht ausgeschlossen sein.

In der Schweiz gibt es ohne Zweifel Industrien, in denen sie durchaus auf der Höhe steht und geradezu eine führende Rolle spielt; zu diesen gehört aber, wenn man ehrlich sein will, die Tonindustrie nicht. Dagegen spricht schon die erhebliche Einfuhr, die immer noch im Steigen begriffen ist und in den letzten Jahren einen Betrag von nahezu 8 Millionen Franken im Jahr erreicht hat. Wenn auch, wie bereits mehrfach erwähnt, diese starke Einfuhr ihren Grund in Faktoren hat, die alle zu ändern wir nicht in der Lage sind, so lässt sich andererseits nicht verhehlen, dass in den Nachbarländern, sowohl an der Verbesserung der Produkte in materialtechnischer Hinsicht, wie auch in der Schaffung neuer Formen und Artikel, weit intensiver gearbeitet wird, als bei uns. So werden z. B. die wissenschaftlichen

und technischen Institute und Fachlaboratorien jener Länder von den Keramikern viel mehr zur Mitarbeit herangezogen als bisanhin bei uns, ebenso beschäftigen sich andererseits die Architekten und Künstler viel mehr mit der Keramik, als das in unserem Lande der Fall ist, wo von einer innigeren Fühlung dieser Berufe mit der Tonindustrie kaum die Rede sein kann. Diese befremdlichen Erscheinungen haben ihren Grund in einer gewissen

Scheu und in einem schwerverständlichen Zweifel, der von den Keramikern in den Nutzen der Mitwirkung von Kunst und Wissenschaft noch gesetzt wird.

In der Schweiz hat ja allerdings die Verwendung von Bruch- und Hausteinen in vielen Gegenden infolge ihres leichten und billigeren Bezugs unbedingt einen grossen Vorsprung vor den keramischen Produkten; doch gibt es auch bei uns Gegenden, denen gute Bausteine fehlen und die daher mit Vorteil sich noch mehr als bisanhin dem Backsteinbau zuwenden würden. Auch darf bemerkt werden, dass eine nicht unbedeutende Zahl älterer, wie neu erschlossener Steinbrüche, Produkte liefern, die hinsichtlich Wetter- und Frostbeständigkeit durchaus nicht immer berechtigten Forderungen entsprechen, während eine Jahrtausend alte Erfahrung bestätigt, dass ein guter Backstein nahezu unzerstörbar ist.

Grosse Vorzüge besitzt der Mauerziegel sodann ganz besonders auch überall da, wo rasch gebaut oder an Raum gespart werden soll und namentlich bei Innenmauern. Das Format der Ziegelsteine ist im Vergleich zu demjenigen der Hau- und Bruchsteine klein, dafür handlich und bequem. Gut gebrannte Backsteine besitzen noch weitere Vorzüge in sanitärischer Beziehung, die ihnen auch vor andern Kunststeinen, namentlich solchen aus Cement, den Vorzug verschaffen müssen. Jetzt werden Ziegelsteine vielfach für die Innenmauern auch dann angewandt, wenn die Aussenmauern aus einem andern Material, aus Bruch- oder Hausteinen erstellt werden. Leicht ist bei dem kleinen Format die Ausführung von dünnen Zwischenwänden, Kamin- und Luftzügen, sowie auch von Hohlräumen oder Luftschichten in den Mauern selbst. Die Ansichten über die Zweckmässigkeit und Nützlichkeit solch hohler Mauern sind zwar sehr geteilt und sind sie nach neueren gründlichen Untersuchungen sogar geradezu als schädlich zu bezeichnen. Es wird zugegeben, dass vollkommen ruhige Luft ein schlechter Wärmeleiter sei, dagegen sei eben die Luft in den Hohlräumen der Aussenmauern infolge der grossen Temperaturdifferenzen an den beiden Seiten der Mauer nicht ruhig, sondern in steter Bewegung und gebe daher Anlass zu gefährlicher Schwitzwasserbildung. Eine vollständig eingeschlossene Luft ferner, die sich nicht erneuern könne, daher feucht und muffig werde, vermöge auch niemals günstig zu wirken und habe nach genaueren Untersuchungen schon häufig zur Durchfeuchtung der Mauern und zu Schwammbildungen Anlass gegeben. Auch vom hygieinischen Standpunkte aus werden die schwersten Bedenken geltend gemacht; nur wo Licht und gute Luft vorhanden sei, herrsche Leben und erspriessliches Gedeihen; eingeschlossene, mehr oder weniger stagnierende und der Feuchtigkeit ausgesetzte Luft aber sei ein Feind des menschlichen Lebens und der menschlichen Werke überhaupt. Der Kampf um die Luftschichten ist von Freunden und Gegnern mit grossem Aufwand und viel Schärfe während längerer Zeit geführt worden, hat aber nach eingehenden und wissenschaftlichen Untersuchungen immer mehr zu deren Verurteilung oder dazu geführt, dass sie da, wo sie nicht zu entbehren sind, mit der Innen- oder Aussenluft in Verbindung gebracht werden, so dass, wie z. B. bei Kuppeln von Sternwarten, nun die Abkühlung, die mit eingeschlossener Luftschicht nicht genügend zu erreichen war, weit besser durch die durchströmende frische Aussenluft bewirkt wird.

Die Mehrzahl der bis jetzt in der Schweiz erstellten Backsteinbauten hat ein mehr oder weniger typisch langweiliges Gepräge; es sind in der Regel Bauten ohne alle Originalität, mit einer ebenso langweiligen Verkleidung aus sogenannten Verblendsteinen von monotoner und dazu auch meist recht unangenehmer Farbe. Diese Verblendsteine,

welche zum grossen Teile noch aus dem Auslande bezogen und sehr teuer bezahlt werden müssen, haben nur den einen Vorteil, dass sie von wesentlich besserer Qualität, härter gebrannt und daher für Wasser und Feuchtigkeit viel weniger durchlässig sind als unsere zum Teil mangelhaft zubereitete und gebrannte gewöhnliche Ware. Schönheitsrücksichten sprechen dagegen nicht für sie, weil ihre glatte, eintönige Fläche gewöhnlich noch in Verbindung mit einer unangenehmen und schmutzigen Farbe den Bauten ein recht langweiliges und fremdartiges Aussehen gibt. Gegen die Verkleidung spricht auch die Natur selbst; eine gesunde aus gutem Material erstellte Mauer braucht keine Verkleidung; sie darf sich zeigen als das was sie ist und gerade die nicht durchaus gleichartige Farbe der Steine gibt ihr ein viel frischeres und lebhafteres Aussehen. Auch in konstruktiver Beziehung ist eine Fassadenverkleidung mit dünnen und kleinen Blättchen keineswegs zu empfehlen und die Ausführung der Mauern aus einem einheitlichen, in richtigen Verband gesetzten Material ist unter allen Umständen weit vorzuziehen.

Eine besondere Verkleidung wird namentlich dann nicht mehr nötig sein, wenn die Ziegel- und Backsteinfabriken einmal dazu kommen, ein Material zu liefern, das weniger wasserdurchlässig und porös ist als das jetzige; dass das mit dem vorhandenen Rohmaterial möglich sein würde, beweisen die im II. Teil aufgeführten Resultate und die Versuche mit den in der eidg. Materialprüfungsanstalt selbst erzeugten Probekörpern, die eine meist mehrfach höhere Festigkeit und weit geringere Porosität aufweisen als die gewöhnlichen, aus dem gleichen Material erzeugten Steine. Auffällig und nur durch die bessere Bearbeitung der Oberfläche infolge des Gleitens in den Formen erklärlich ist die harte Haut der Maschinensteine, welche im Bau wesentlich zur Trockenhaltung der Mauer beizutragen scheint, so dass die Witterungseinflüsse den Mauern, die gegen die Einwirkungen der Erdfeuchtigkeit geschützt sind, trotz der sonst grossen Porosität und Wassersaugekraft der Steine nichts anzuhaben vermögen. Nur zu Mauern, die vor Feuchtigkeit nicht geschützt werden können, ist unser meist zu schwach gebranntes und daher allzu poröses Material nicht verwendbar. Während in andern Ländern nicht nur Häuser, sondern auch noch Viadukte, Tunnel, Brücken aller Art aus Backsteinen erstellt werden und sogar mit Vorliebe auch da, wo gute Hausteine in Menge vorhanden sind, ist wohl nur aus Rücksicht auf die Inferiorität des Baumaterials eine derartige Verwendung bei uns ganz unbekannt. Mauern aber, die etwa von Unkundigen ausgeführt und nicht gegen die Erdfeuchtigkeit geschützt werden, nehmen sehr rasch ein Ende mit Schrecken. In dieser Beziehung sind ohne Zweifel, wie die neuen Untersuchungen es beweisen, noch grosse Fortschritte in der Fabrikation zu erzielen; es liegt auch sehr im Interesse der Produzenten, da dadurch der Absatz ganz sicher nicht unerheblich gesteigert werden dürfte. Aber nicht nur über die Qualität, sondern auch noch über die Form der Backsteine selbst wird vielfach Klage geführt und zwar wiederum mit einigem Recht, wovon jeder sich leicht wird überzeugen können, der in dieser Beziehung eine Untersuchung vornimmt. Es ist zwar unzweifelhaft richtig, dass bei dem hier zu Lande nahezu ausschliesslich üblichen Nassverfahren die Erzeugung einer tadellosen Ware namentlich in Bezug auf die genaue Einhaltung der Dimensionen und der Formen einige Schwierigkeiten bereitet; unüberwindlich sind dieselben aber nicht, sobald nur die nötige Vorsicht geübt wird.

Beim sogenannten Trockenverfahren sind diese Schwierigkeiten in wesentlich geringerem Masse vorhanden und die auf diese Weise erstellten Steine zeichnen sich

vor allem durch tadellose Formen aus. In der Schweiz besteht bis jetzt nur eine einzige derartige Fabrik in Allschwyl bei Basel, die seit einigen Jahren mit der Erzeugung von Backsteinen auf trockenem Wege vorgegangen und schon recht annehmbare Resultate erzielt hat.

In England und noch mehr in Amerika ist dagegen die Trockenpressung längst allgemein üblich und vorzüglich entwickelt, wobei allerdings nicht zu übersehen ist, dass in diesen Ländern vielfach steinartige, unplastische Rohmaterialien (Schiefertone und Tonschiefer) verarbeitet werden, aus denen auf nassem Wege überhaupt nie ein Ziegel geformt werden könnte.

Immerhin wäre es unsern Ziegeln sehr zu empfehlen, den Blick öfter als bisher über die Grenze zu werfen und sich auch durch persönlichen Augenschein von dem Stand

und den Fortschritten der keramischen Industrie in andern Ländern zu überzeugen und namentlich auch, um dort bereits gemachte Erfahrungen unnützer Weise nicht hier selbst nochmals zu machen.

Bei diesem Trockenverfahren werden die Tone direkt aus der Grube in eine Serie von Maschinen gebracht und in einem Zuge zerkleinert, getrocknet, gemahlen, gemischt, gepresst und gebrannt, so dass nach etwa 48 Stunden auf der andern Seite der fertige Stein in Empfang genommen werden kann. Die Handarbeit wird dadurch aufs äusserste beschränkt, so dass die Zahl der Arbeiter kaum ein Drittel derjenigen des alten Nassverfahrens umfasst. Der Preis der Steine kann daher auch erheblich niedriger gestellt werden und das ist ein weiterer sehr gewichtiger Grund, der für dieses Verfahren spricht, denn die Preise auch der gewöhnlichen Ware sind in der Schweiz hoch und sogar erheblich höher als in allen uns umgebenden Ländern.

Die Preise der gewöhnlichen Normalsteine ($250 \times 120 \times 60$) haben nach einer gef. Mitteilung der hiesigen Mech. Backsteinfabrik in verschiedenen Jahren per 1000



Fig. 7. Eidg. Polytechnikum, Physikgebäude.
Architekten Prof. Dr. Bluntschli u. Prof. Dr. Läsius in Zürich.

Stück in Franken betragen: 1870 50.—, 1875 63.—, 1880 50.—, 1885 46.—, 1890 60.—, 1895 53.—, 1900 36.—, 1905 40.— und stehen heute auf 43.—, während z. B. in Wien die wesentlich grösseren österreichischen Normalsteine ($260 \times 140 \times 65$) loco Bauplatz zu Kr. 40.— abgegeben werden und in Norddeutschland für die ebenfalls etwas grösseren deutschen Normalsteine ($250 \times 120 \times 65$) in allerneuesten Konkurrenzen die Mindestforderung nur 29 Mark betrug. Ähnlich sind die Preise in Frankreich und noch niedriger diejenigen in Italien; daher ist es hauptsächlich die Konkurrenz dieses letzteren Landes, welche gefürchtet wird und die hohen Zollansätze auf einigen Artikeln der Tonindustrie veranlasst hat.

Wenn nun auch nach dem Bisherigen zu schliessen ist, dass die Backsteinarchitektur in der Schweiz noch nicht auf sehr hoher Stufe stehen kann, so sind doch in Zürich einige grössere Bauten entstanden, die erwähnenswert sind, so das von den Professoren Dr. Bluntschli und Dr. Lasius erbaute, im Jahre 1886 bezogene Chemiegebäude des eidg. Polytechnikums, ein 86 m langer und 17 m tiefer dreistöckiger Hauptbau mit zwei einstöckigen Flügelbauten von je 60 m Länge; das von den gleichen Architekten in den Jahren 1887—90 erbaute Physikgebäude von 67,5 m Frontlänge, dessen Seiten- und Eingangsfront in Fig. 7 dargestellt ist, und das nach den Entwürfen von Prof. Recordon und unter seiner Leitung 1897—99 ausgeführte Maschinenlaboratorium ebenfalls in Nähe des Polytechnikums. Erwähnt sei ferner das sogenannte „Rote Schloss“ am Alpenquai in Zürich, das von Architekt H. Ernst in roten Frankfurterverblendern 1891—93 erstellt wurde und endlich das von Architekt Alex. Koch in englischem Stile erbaute und im Herbst 1893 bezogene Mädchenschulhaus am unteren Hirschengraben in Zürich, dessen beide Clichés (Fig. 8 und 9) von demselben in verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurden. Alle diese Bauten zeigen mehr oder weniger Originalität, die über das Landläufige hinausgeht; sie beweisen auch, dass von kundiger Hand sich auch mit diesem kleinen Material dennoch eine grosse Wirkung erzielen lässt.

Ein wesentlich anderes Gepräge, aber in ähnlichem Sinne wirkend, hat ein kleiner Neubau (Fig. 10), der in Herzogenbuchsee nach den Plänen und unter Leitung des Architekten Oberländer in Zürich ganz in Backsteinrohbau entstanden ist und bei dem die Verwendung von Hausteinen im Gegensatz zu den vorstehend erwähnten Bauten auf das äusserste beschränkt worden ist. Nur der Sockel, einzelne kleine Stücke zum Befestigen der Gitter, Laden oder Türen und die Fensterbänke bestehen aus Granit, während zu allem andern Mauerwerk nur gewöhnliche Backsteine von heller Farbe verwendet wurden, von denen die bessern für die Sichtflächen ausgesucht wurden. Das Haus steht, wie dem Bilde zu entnehmen ist, in Nähe eines älteren grossen, ächt bernischen Bauernhofes, dessen Architektur es sich anzupassen gesucht hat.

Von ebenso grosser oder noch grösserer Bedeutung, als bei den gewöhnlichen Backsteinen, ist die Porosität oder Wassersaugkraft bei den Dach- und Falzziegeln. Im allgemeinen wird auch hier nicht behauptet werden können, dass von den Fabriken nur ein durchaus einwandfreies und unbedingt wetter- und frostbeständiges Material auf den Markt gebracht werde. Die Ziegel sind vielfach zu schwach gebrannt, besitzen eine zu grosse Wasseraufnahmskraft und sind sogar sehr häufig geradezu wasserdurchlassend. Vielfach tröstet sich die Fabrik damit, dass infolge von Staub und Vegetationbildung auf dem Dache sich doch sehr bald eine genügende Undurchlässigkeit einstelle, — ein

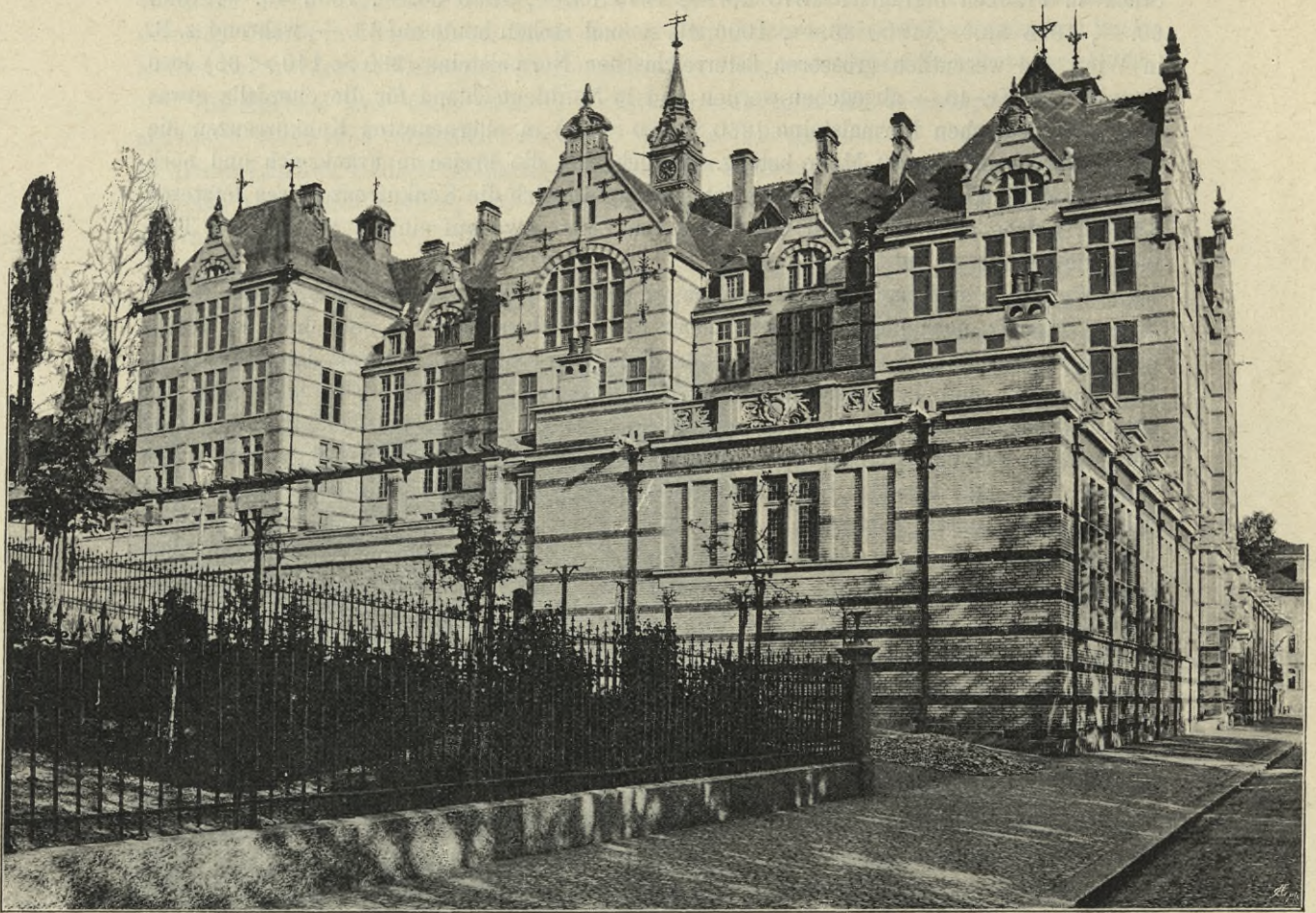


Fig. 8. Hirschengrabenschulhaus Zürich, Archit. Alex. Koch, London. Ansicht.

schlechter Trost, bei dem die Ziegel jedenfalls kein sehr hohes Alter erreichen werden. Die inländischen Ziegel geniessen daher mit sehr wenig Ausnahmen, und man darf sagen mit einigem Recht, keinen sehr guten Ruf, und wenn auch zugegeben werden soll, dass in neuerer Zeit etwelche Besserung eingetreten ist, indem von einzelnen Fabriken namentlich Falzriegel gepresst werden, deren Durchlässigkeit eine ganz wesentlich geringere ist, so bleibt doch zu hoffen, es werde die Fabrikation der Ziegel noch wesentlich verbessert werden.

Die heutigen, sehr porösen und oft geradezu schwammigen Ziegel sind minderwertiger als die Ziegel, welche aus früheren und ältesten Zeiten zu uns gekommen sind, die, obschon vielfach Jahrhunderte alt, noch heute sehr geschätzt und wegen ihrer Wetterbeständigkeit mit hohen Preisen bezahlt werden. — Ähnlich verhält es sich mit einigen andern Artikeln und Spezialitäten des Baugewerbes, deren Fabrikation meist ebenfalls nicht als eine mustergültige zu bezeichnen ist.

Am Vorkommen des gewöhnlichen Tones, wie er zum Brennen der Bauartikel gebraucht wird, fehlt es unserem Lande nicht; er findet sich gegenteils so ziemlich überall; ebenso sind schon zahlreiche Betriebe und Kräfte mit dessen Verarbeitung tätig, doch ist der Stand der Industrie noch keineswegs als ein sehr erfreulicher zu bezeichnen und wird es noch grosser und fortgesetzter Anstrengung bedürfen, um sie auf eine Höhe zu bringen, dass sie sich mit dem Auslande messen kann.



Fig. 9. Hirschengrabenschulhaus Zürich. Ansicht des Haupteinganges.

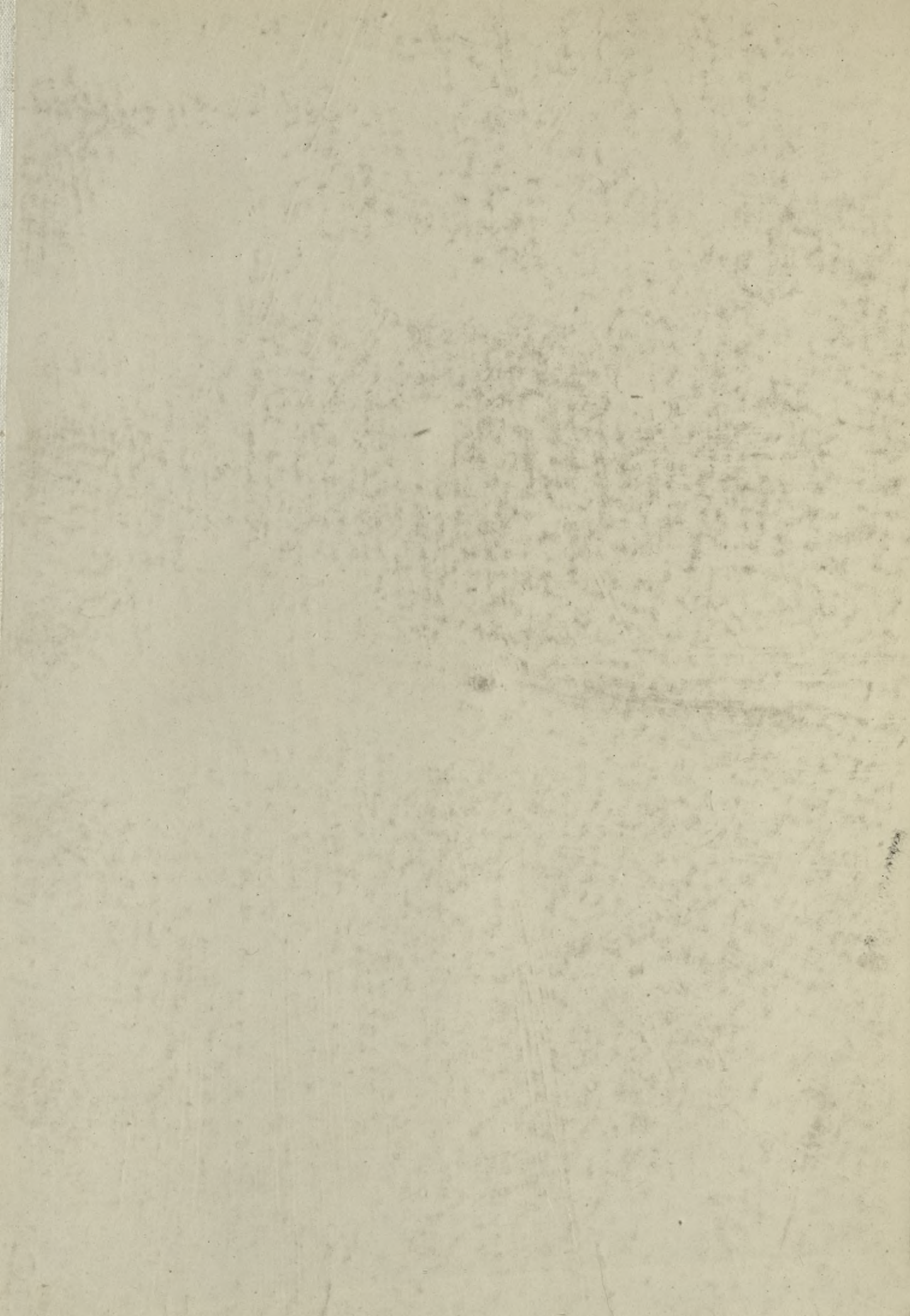
Am guten Willen fehlt es den Produzenten nicht immer, dagegen häufig an der Unterstützung der Konsumenten und namentlich derjenigen der Architekten, die in der Mehrzahl, wie bereits erwähnt wurde, sich etwas zu wenig der Sache annehmen und namentlich dem Backsteinrohbau mit wenigen rühmlichen Ausnahmen nicht genügendes Verständnis entgegenbringen.

Hoffentlich werden die neuen und gründlichen Untersuchungen, die unter Mitwirkung des Zieglervers eins von der geotechnischen Kommission durchgeführt wurden, all erseits Klarheit bringen und der Tonindustrie und dem Lande zum Nutzen gereichen.



Fig. 10. Wohnhaus in Backstein, Herzogenbuchsee.
Archit. Th. Oberländer, Zürich.





Biblioteka Politechniki Krakowskiej



IV-301078

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



IV-301079

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



IV-301080

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

18317

524. 13. IX. 54

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315558

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315559

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315560

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300969