

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



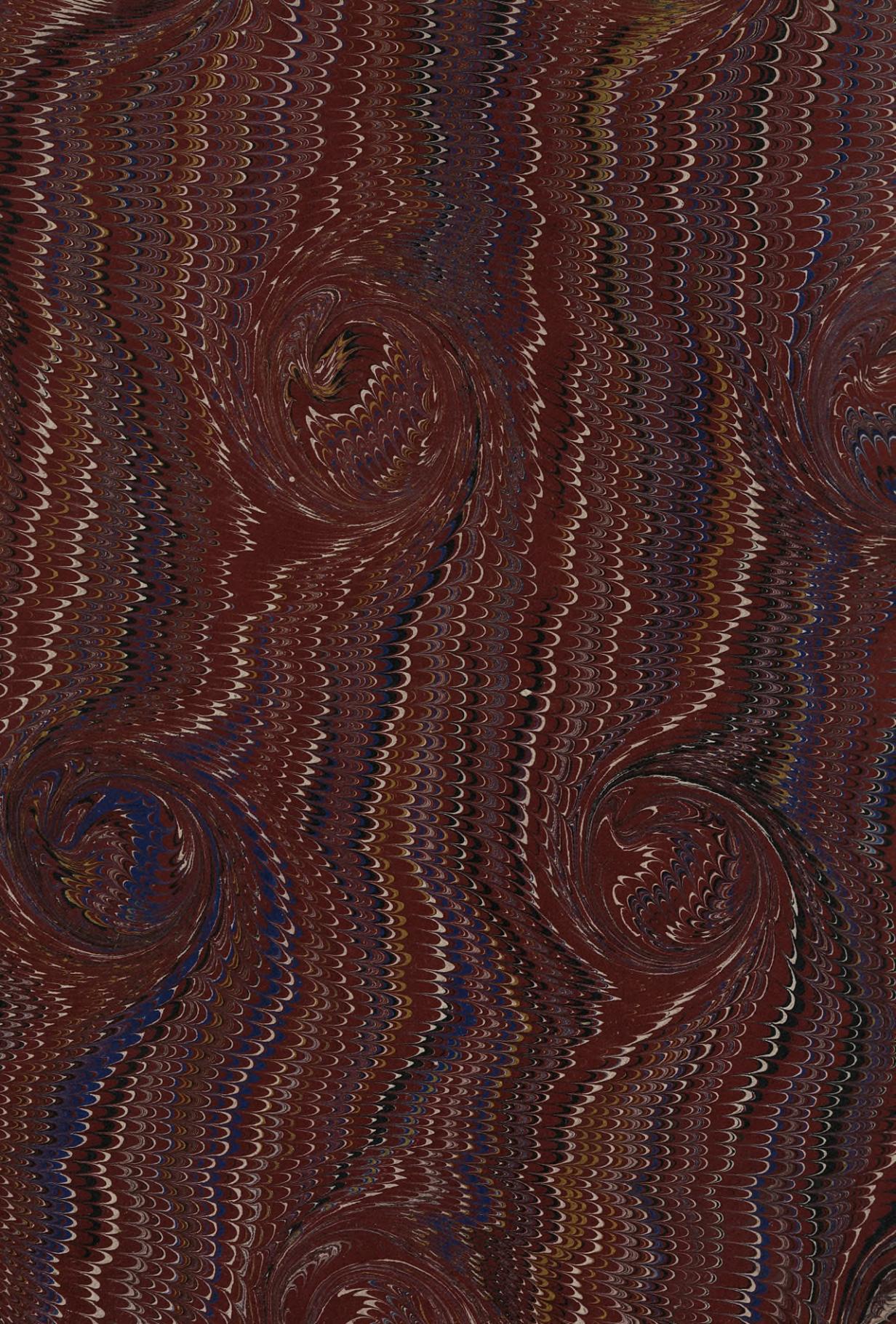
L. inw.

15146

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298731



Gefamtanordnung und Gliederung des „Handbuches der Architektur“ (zugleich Verzeichnis der bereits erschienenen Bände, bezw. Hefte) find am Schluffe des vorliegenden Heftes zu finden.

Jeder Band, bezw. Halbband und jedes Heft des „Handbuches der Architektur“ bildet ein Ganzes für sich und ift einzeln käuflich.

HANDBUCH DER ARCHITEKTUR.

Unter Mitwirkung von

Geheimerat
Profeffor Dr. **Jofef Durm**
in Karlsruhe

und

Geh. Regierungs- und Baurat
Profeffor Dr. **Hermann Ende**
in Berlin

herausgegeben von

Geheimer Baurat
Profeffor Dr. **Eduard Schmitt**
in Darmftadt.

Erfter Teil:

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

1. Band, erftes Heft:

Einleitung.

(Theoretifche und gefchichtliche Überficht.)

Die Technik der wichtigeren Bauftoffe.

DRITTE AUFLAGE.

ALFRED KRÖNER VERLAG IN STUTTGART

1905.

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

DES
HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR
ERSTER TEIL.

1. Band, Heft 1:

Einleitung.

(Theoretische und geschichtliche Übersicht.)

Von

† Dr. August von Effenwein,

Geheimer Rat und erster Direktor des Germanischen Nationalmuseums in Nürnberg.

Die Technik der wichtigeren Baustoffe.

Von

Dr. W. F. Exner,

Hofrat, Professor an der Hochschule für Bodenkultur und Direktor des Technologischen Gewerbemuseums in Wien,

† Hans Hauenfeldt,

Professor und Ingenieur
in Berlin,

Hugo Koch,

Geheimer Baurat und Professor an der
Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg,

Georg Lauboeck,

Regierungsrat und Professor am Technologischen
Gewerbemuseum in Wien

und

Dr. Eduard Schmitt,

Geheimer Baurat und Professor
an der Technischen Hochschule in Darmstadt.

DRITTE AUFLAGE.

Mit 81 in den Text eingedruckten Abbildungen.



STUTTGART
ALFRED KRÖNER VERLAG

1905.



III - 306424

Das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen bleibt vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

III 15146

Akc. Nr. ~~2222~~ / 49

Druck von BÄR & HERMANN in Leipzig.

BPK-B-312/2017

Handbuch der Architektur.

I. Teil.

Allgemeine Hochbaukunde.

1. Band, Heft 1.

(Dritte Auflage.)

INHALTSVERZEICHNIS.

Einleitung.

	Seite
Theoretischer Teil	3
Geschichtlicher Teil	22
1) Literatur: Bücher über „Theorie und Ästhetik der Baukunst“	57
2) Umfassendere Werke über „Architektur“	57
3) Wörterbücher und Glossarien	58

Allgemeine Hochbaukunde.

Erste Abteilung.

Die Technik der wichtigeren Baustoffe.

Die Baustoffe im allgemeinen	65
Literatur: Bücher über „Baustoffe im allgemeinen“	68

1. Abschnitt.

Konstruktionsmaterialien.

1. Kap. Stein	70
a) Allgemeines	70
b) Natürliche Bausteine	88
1) Eruptivgesteine	88
2) Kristallinische Schiefergesteine	91
3) Sedimentgesteine	92
Literatur über „Natürliche Bausteine“	98
c) Gebrannte künstliche Steine	99
Tabelle über Backsteinformate	99
Literatur: Bücher über „Backstein“ und „Backsteinerzeugung“	106

	Seite
d) Ungebrannte künstliche Bausteine	106
e) Bearbeitung und Haltbarmachung der Bausteine	107
Literatur über „Steinbearbeitung“ und „Steinbearbeitungsmaschinen“	125
Literatur über „Haltbarmachung (Konfervierung) der Bausteine“	127
2. Kap. Tonerzeugnisse	128
Literatur über „Tonerzeugnisse“ und „ihre Herstellung“	134
3. Kap. Die Mörtel und ihre Grundstoffe	135
a) Allgemeines	135
b) Mörtel aus Luftkalk	145
c) Mörtel aus hydraulischen Bindemitteln im allgemeinen	155
Einheitliche Prüfungsmethoden für hydraulische Bindemittel	156
d) Mörtel aus hydraulischem Kalk	160
e) Mörtel aus Magnesiaementen	164
f) Mörtel aus Romanzement	164
g) Mörtel aus Portlandzement	168
Auszug aus den Deutschen Normen für Prüfung von Portlandzement	171
h) Mörtel mit hydraulischen Zuschlägen	180
i) Mörtel aus Puzzolanzement	183
k) Mörtel aus gemischten Zementen	185
l) Magnesia- und Gipsmörtel	185
Literatur über die „Verschiedenen Mörtelarten und ihre Grundstoffe“	188
Literatur über „Prüfung von Zementen und Mörtel“, einschl. „Prüfungsvorrichtungen“	191
m) Mörtelmaschinen	192
Literatur über „Mörtelmaschinen“	195
4. Kap. Beton	196
Literatur über „Beton“ und „Betonbereitung“	207
5. Kap. Holz	207
a) Allgemeines	207
Literatur über „Bauholz“ im allgemeinen	218
b) Wichtigere Bauhölzer	218
A) Nadelhölzer	219
B) Laubhölzer	221
c) Holzfortimente	224
d) Bearbeitung des Holzes	225
Literatur über „Holzbearbeitungsmaschinen“	227
e) Mittel gegen Schwinden, Fäulnis und Schwamm	228
1) Mittel gegen das Schwinden des Holzes	228
2) Haltbarmachung des Holzes (Konfervierung)	230
Literatur: Bücher über „Haltbarmachung des Holzes“	231
3) Mittel gegen den Hauschwamm	232
Literatur über „Schwamm“ und „Schwammverteilung“	234
6. Kap. Eisen und Stahl	235
a) Allgemeines	235
Literatur über „Eisen als Baustoff“	245
b) Roh- und Gußeisen	246
Normaltabelle für gußeiserne Muffen- und Flanchenröhren	250
c) Schmiedeeisen	253
1) Schmiedbares Eisen überhaupt	253
2) Schweißeisen	257
3) Flußeisen	259
4) Rund-, Vierkant-, Band- und Formeisen	262
Normalien für Rund- und Vierkanteisen	262
Normalien für Band- und Stangeneisen	263
Normalien für Handleiteneisen	265
5) Profileisen	267
Deutsche Normalprofile für Walzeisen	268
6) Bleche und Blecherzeugnisse	278
Dillinger oder ältere deutsche Blechlehre	278

	Seite
7) Draht und sonstige Schmiedeeisenerzeugnisse	280
Neue Draht- und Blechlehre	281
Normalien für Gasröhren	282
d) Stahl	282
e) Rostschutzmittel	285

2. Abschnitt.

Materialien des Ausbaues.

1. Kap. Zink, Blei, Zinn und Nickel	290
a) Zink	290
Literatur über „Zink als Baustoff“	293
b) Blei	293
c) Zinn	294
d) Nickel	294
2. Kap. Kupfer und Legierungen	295
a) Kupfer	295
b) Legierungen	297
3. Kap. Aluminium und Magnalium	300
4. Kap. Asphalt	301
Literatur über „Asphalt als Baustoff“	305
5. Kap. Glas	306
Literatur über „Glas als Baustoff“	316
Berichtigung	316

HANDBUCH DER ARCHITEKTUR.

EINLEITUNG.

Von † Dr. AUGUST v. ESSENWEIN.

Theoretischer Teil.

Nach ewigen Satzungen ist das Weltall aufgebaut, und unwandelbaren Gesetzen gehorcht unser Erdball, sowie alles, was auf ihm die Natur geschaffen. Jede ihrer Einrichtungen ist zweckmäßig, jedes ihrer Werke in seiner Art vollkommen. Die äußere Erscheinung eines jeden ist charakteristisch und verständlich, aber auch unabänderlich die gleiche bei sämtlichen Exemplaren einer und derselben Art. Es ist eine so vollkommene Harmonie zwischen der Aufgabe vorhanden, welche im Haushalte der Schöpfung jedem einzelnen Teile zugewiesen ist, und den ihm zur Erfüllung der Aufgabe verliehenen Organen, sowie der äußeren Erscheinung, daß für kein Einzelexemplar eine Ausnahme denkbar ist. Selbst wo die Natur ihre Kräfte indirekt ausübt, indem die Geschöpfe durch eigene Tätigkeit schaffend wirken, folgen diese nur in ganz beschränktem Maße eigenem Willen, fast ausschließlich aber einer in ihnen wirkenden Naturkraft.

Das einzige Geschöpf, welches mit freiem Willen schaffend tätig ist, ist der Mensch, und dessen Leistungen stehen als bewußte Arbeit den Werken der Natur gegenüber¹⁾. Allerdings unterliegt auch die menschliche Tätigkeit Gesetzen, welche den freien Willen des einzelnen Individuums beeinflussen und beschränken; aber daselbe vermag es zum mindesten, sie zu erkennen, also sich ihnen mit Bewußtsein zu unterordnen, selbst bis zu einem gewissen Grade sich dagegen aufzulehnen und ihrem Einflusse zu entziehen. Auch sind diese Gesetze nicht unabänderlich wie die Naturgesetze: es gibt sich im Gegenteil eine gewisse Entwicklung derselben kund; sie bilden sich durch die Pflege aus, welche das Menschengeschlecht seiner eigenen Tätigkeit widmet.

Die Grundlage derselben ist das Denken.

Der gesamten Natur liegt ein ewiger Gedanke zu Grunde, aus welchem sich logisch und gesetzmäßig die einzelnen Kräfte und sämtliche Einrichtungen entwickelt haben; die Kräfte und Einrichtungen wirken schaffend und bringen das hervor, was sichtbar und greifbar ist. Dem großen Gedanken des Universums und der unabänderlichen, weil absolut vollkommenen Weisheit desselben steht der freie Gedanke des Menschen in der Kleinheit gegenüber, wie sie die menschliche Fassungskraft bedingt, den Werken der Natur ähnlich, die aus dem menschlichen Gedanken hervorgegangenen Schöpfungen.

Wenn aber auch des einzelnen Menschen Denkkraft und damit seine Fähigkeit zum Hervorbringen von Schöpfungen gering ist, so vereinigt sich doch, was er geschaffen, mit dem, was andere getan. Eine Generation vererbt ihre Tätigkeit der anderen, und so entsteht durch die Pflege ein großes Ganze, die Kultur. Eines Menschen Erfahrung reiht sich an die des anderen, wie Ziffer an Ziffer in

¹⁾ Wohl hat die moderne Naturwissenschaft durch ihre tiefen Beobachtungen den großen Gegensatz, wie er hier vorgetragen ist, gemindert gefunden, und es soll auch hier mit dem Ausspruche desselben nicht beabichtigt sein, die Ergebnisse der Naturwissenschaften in Frage zu stellen; aber da sie nicht dazu geführt haben, noch dahin führen können, den Gegensatz aufzuheben, so kann die These immerhin in unserer Formel gefaßt werden.

unserem Zahlensystem, und die Kultur als Ganzes erreicht so eine Größe, daß sie beinahe der Natur ebenbürtig werden kann. Doch nur beinahe; denn so wenig unser Zahlensystem das Unendliche erreicht, wenn auch noch so viele Ziffern aneinander gereiht würden, so wenig wird auch die höchste Höhe der Kultur der absoluten Vollkommenheit des Unendlichen und Ewigen im Univerfum gleich kommen.

In ihrer Entwicklung zeigt uns, bei einem Rückblicke auf dieselbe, die Kultur einen Stufengang, dessen Anfänge verhältnismäßig klein und unbedeutend sind. Aber schon auf dieser untersten Stufe tritt sie in derselben charakteristischen Weise der Natur gegenüber wie auf der höchsten, welche sie je erreicht hat, und stellt sie sich dieselben Aufgaben, die sie auch auf der höchsten Stufe bewältigen will, wenn dort auch im einzelnen ganz andere Anforderungen gestellt und ganz andere Wege eingeschlagen werden müssen, um der Aufgabe gerecht zu werden. Auf der untersten schon, wie auf der höchsten Stufe zeigt sie sich der Natur gegenüber als das Reich des menschlichen Gedankens und als das Feld der Tätigkeit desselben. Und zwar hat die Kultur, das Resultat des selbstbewußten Menschengedankens, einen ihren Zweck ausdrückenden Doppelgedanken, der ihr eine doppelte Aufgabe zuweist. Die gesamte menschliche Tätigkeit wird in der Absicht ausgeübt, die materiellen äußeren Bedingungen des Lebens günstiger zu gestalten, als dies die Natur getan, und dem menschlichen Geiste Anregung und Erhebung wie Genuß zu gewähren.

Wie eingehend wir auch in der Geschichte die Aufgabe der Kultur erforschen mögen, läßt sich doch kein Anhaltspunkt für die Annahme finden, daß eine dieser beiden Aufgaben der anderen vorangegangen; nirgends in der Gesamtentwicklung der Kultur finden wir eine derselben ausschließlich gestellt, wenn auch eine oder die andere mehr Aufmerksamkeit in Anspruch nimmt. Es läßt sich nicht feststellen, ob der Schmuck des Körpers, ob die Bekleidung desselben zum Schutze gegen die Unbilden der Witterung zuerst aufgetreten. Die erste Zubereitung der Nahrungsmittel mag ebenso in der Absicht geschehen sein, sie dem Körper zuträglicher zu machen, als durch höheren Wohlgeschmack den Sinnen, somit dem Geiste, Anregung zu gewähren. Die beiden der Kultur gestellten Aufgaben bilden die Grundlage für zwei Richtungen, die durch den gesamten Entwicklungsgang derselben hindurchgehen, die materialistische und die idealistische. In letzterer überwiegt der Trieb, durch Erhebung des Geistes den Menschen zu veredeln, durch Mehrung der Erkenntnisfähigkeit ihn auf eine der schaffenden Allmacht, dem Reiche des Unendlichen nähere Stufe zu heben, in der anderen den Lebensgenuß bequemer und behaglicher zu gestalten. Aber schon der Begriff des Genusses hat eine ideale Seite; es muß die Gedankenwelt angeregt werden — oder, was gleichbedeutend ist: die unbestimmte und unklare Form des Erkennens, das Gefühl. Und ohne Anregung der treibenden Macht des Gedankens ist ja die Erschließung jener Quellen unmöglich, aus denen erhöhte Lebensbequemlichkeit fließen kann. Ohne die idealistische Richtung ist daher auch die Herrschaft der materialistischen nicht denkbar, so wenig als die Herrschaft des Idealismus über die Menschheit denkbar wäre, wenn in dieser nicht der Sinn für einen bestimmten Grad von Lebensbequemlichkeit und Genuß lebendig würde.

Die fortschreitende Entwicklung der Kultur zeigt uns daher erstens: die Tätigkeit auf dem Gebiete des bloßen Gedankens in fortgehender Bewegung, und zweitens: den Fortgang der materiellen, körperlich schaffenden Arbeit, deren Triebfeder der Gedanke ist.

I.

Die Tätigkeit in erstgenannter Richtung hat sich ebenso gesetzmäßig organisiert wie jene der Natur. Weil der Mensch als Einzelner wenig zu leisten imstande ist, bedurfte er der Mitteilung an andere, die ihm folgen sollten. Es mußte sich neben der Fähigkeit, Eindrücke aufzunehmen und sich derselben bewußt zu werden, ein Mittel der Übertragung an andere ausbilden, wie es in der gesetzmäßig organisierten Sprache gegeben ist. Durch die Gesetzmäßigkeit der Organisation vermag sie es, dem Gedanken klaren Ausdruck zu verleihen und durch diese Klarheit setzt sie den Menschen in die Lage, sich Rechenschaft über sein Denken zu geben, sowie andere auf einen Höhepunkt zu heben, den er selbst erreicht hat. Auf solcher Grundlage wurde es dem Gedanken möglich, sich seine Bahnen zu schaffen. Auf ihr konnte er die ihm gestellte Aufgabe erkennen, sich Fragestellungen formulieren, Systeme und Methode finden, die gestellten Fragen wahrheitsgemäß beantworten. Er konnte das Reich der Wissenschaften aufbauen und entwickeln. Die Klarheit des Gedankens, wie sie die Wissenschaft bringt, erhebt den Menschen; doch läßt sie ihn auch erkennen, daß die Kraft des gesamten menschlichen Geistes zum vollständigen Ergründen der letzten Geheimnisse nicht genügt, daß der Forschung und Wissenschaft manches Gebiet verschlossen bleiben wird, in welches einzudringen der Mensch sich lehnt. Aber neben der Erkenntnis dessen, was zu erforschen, weil es vorhanden oder geschehen ist, hat sich der menschliche Geist auch die Fähigkeit gebildet, nicht Vorhandenes zu erdenken, nicht Geschehenes zu erfinden, und ebensowie das Vorhandene und Geschehene darzustellen. Wenn ihm die Wissenschaft nur einen Teil des Bestehenden erklären kann, so zeigt ihm die Phantasie ein ebenso weites Reich als jenes der Wissenschaft, das der Dichtung, die ihn ebenso anzuregen und zu erheben vermag wie die Erkenntnis des Wirklichen.

Die Dichtung aber bewegt sich nicht bloß auf dem Boden des bestimmten Gedankens; auch seine unbestimmte Form, das Gefühl, bildet eine nie verließende Quelle, aus welcher die Phantasie schöpft, um die Dichtung zu befruchten. So haben Phantasie und Gefühl die Kultur ebenso mächtig gefördert als der Verstand.

Der Mensch fühlt nicht bloß das Bedürfnis, vermittels der Sprache seinen Gedanken und Gefühlen für sich und andere Ausdruck zu verleihen. Die Töne, welche die Natur in seiner Stimme ihm zur Verfügung gestellt oder welche er durch Werkzeuge hervorbringen kann, sind so mannigfaltiger Art, daß er sie schon frühe erkennen und bald auch die Gesetze auffinden mußte, auf denen das gegenseitige Verhältnis derselben beruht. Er erkannte, daß gesetzmäßige Aneinanderreihung Gefühlen Ausdruck geben und deshalb Gefühle anregen könne, je nach der Verwendung tiefer und mächtiger, als selbst die Sprache es vermag. So fand der Mensch in der Musik ein Gebiet schöpferischer Tätigkeit zur Anregung des Gemütes, die ihn noch weiter in den Kreis des unfaßbaren Unendlichen zu ziehen vermag als der klare Verstand, als die Wissenschaft, als selbst die Dichtung.

Die Kulturtätigkeit auf dem Gebiete des abstrakten Gedankens mußte bei einiger Entwicklung den Menschen zunächst zur Frage nach dem Zwecke derselben führen. Als sich die Erhebung und Veredelung als solcher gezeigt hatte und als die Mitwirkung des Gefühles als mächtiges Mittel dazu erkannt war, mußte die direkte Verbindung mit der Allmacht, die auch ihn geschaffen und der er durch Veredelung sich nähern wollte, angestrebt werden. So verschieden nun auch die Formen der Religionen sind, durch welche der Mensch diese Verbindung

und ihren Einfluß auf sich regeln wollte, so gaben sie doch alle erst dem Triebe nach Veredelung die wahre Kraft, sich auch weiter zu entwickeln, insbesondere sich nicht mit dem Erkennen zu begnügen, sondern ganz besonders das Gebiet der Phantasie zu erweitern und sich schöpferisch auf demselben zu betätigen. Dichtung und Musik danken den Religionen allenthalben jene höchste Inspiration, welche sie auf den Standpunkt erhabener Kunst führte.

II.

Je weiter sich die Wissenschaft auf dem eigenen Gebiete um ihrer selbst willen erhob, je mächtiger die Phantasie das Gefühl anregte, um so größer mußte auch die treibende Kraft sein, welche Gedanken und Gefühle einsetzen, um auf dem Gebiete des greifbaren Schaffens eine ähnliche Entwicklung hervorzubringen und dieses weite Reich je zur selben Größe und Macht zu heben, zu welchen die Reiche des abstrakten Gedankens und Gefühles sich emporgeschwungen hatten. Das gegenwärtige Buch hat die Betrachtung des weitesten und großartigsten Gebietes greifbaren Schaffens zur Aufgabe, und so mögen vorstehende Andeutungen genügen; wir unterlassen es, die geschichtliche Entwicklung anzudeuten, welche die Kultur in den großen, nur eben angedeuteten Reichen genommen, die sich der menschliche Geist geschaffen, um nunmehr die treibende Kraft zu betrachten, als welche sich Verstand und Phantasie auf dem Gebiete des körperlichen Schaffens bewähren.

Sobald der Mensch körperlich greifbare Werke irgendwelcher Art herstellen will, findet er verschiedene, stets verwandte Aufgaben vor, die ihn veranlassen, seine Gedanken nach bestimmten Richtungen in Tätigkeit zu setzen.

So einfach auf der untersten Kulturstufe die Anforderungen an die Gedanken-tätigkeit sind, so mußte doch der erste Schritt ein großer sein, und nur durch die geistige Arbeit von Generationen konnte der Mensch zum Höhepunkt gelangen, auf welchem sodann sich jede dieser Aufgaben zu einer umfassenden Disziplin entwickelte, deren Kenntnisnahme dem einzelnen nur möglich, weil sie ihm vorbereitet und geordnet überliefert werden, während er selbst schon Großes geleistet, wenn seine hinzugegebenen Erfahrungen hier und dort etwas vervollkommen und verbessern, wenn durch seine Anregung irgend ein Teil in andere Bahnen gelenkt, wenn durch ihn die Erkenntnis an irgend einer Stelle gemehrt wird.

Die Betrachtung auch nur des greifbaren menschlichen Schaffens, wie die Anleitung zu demselben bietet uns daher eine Reihe von einzelnen Feldern, die sich nach dem Gange gliedern, welchen der Gedanke zu nehmen hat, um zum fertigen Werke zu gelangen, jedes einzelne so groß und umfassend, daß es wiederum nur durch Teilung zu bewältigen ist.

Zunächst stehen wir stets der Frage gegenüber, wie wir unser Werk einzurichten haben, damit es den Zweck erfüllt, zu welchem wir es ins Leben rufen wollen. Da kann uns nun allerdings keine Einzeldisziplin Auskunft geben. In tausendfacher Mannigfaltigkeit stehen jene Werke vor uns, deren Herstellung die fortgeschrittene Kultur von uns verlangt, und von denen je wenige Arten sich zu bestimmten Gruppen vereinigen und die Arbeit und die Erfahrung einer Reihe von Menschen in Anspruch nehmen, deren Tätigkeit als ihr „Fach“ bezeichnet wird. Das Studium eines jeden solchen Faches bildet eine Disziplin für sich. Innerhalb jeder dieser Disziplinen werden aber allgemeine Grundsätze auf das bestimmte Fach angewandt und spezielle aus den Aufgaben entwickelt.

Hierauf tritt uns die Frage entgegen, wie und mit welchen Hilfsmitteln, aus welchen Stoffen wir das Werk anfertigen sollen. Die Beantwortung dieser Fragen gibt uns eine Gruppe von wissenschaftlichen Disziplinen. Wir stehen damit teilweise auf dem Gebiete der Naturwissenschaften. Wir haben die Eigenschaften der von der Natur uns gebotenen Materialien zu prüfen, zu untersuchen, welchen Widerstand sie der Bearbeitung darbieten, welchen sie im fertigen Werke den auf dasselbe erfolgenden Angriffen entgegenzusetzen vermögen, wie durch Umwandlung die in ihnen liegenden Kräfte gemehrt, neue Kräfte erzeugt werden können.

Wir haben sodann die Gesetze zu studieren, nach welchen diese Elemente, mit denen wir arbeiten, mechanisch miteinander verbunden werden müssen, um sich zu einem Ganzen zu vereinigen. Wir müssen zu diesem Zwecke die Naturgesetze erforschen, nach welchen die Körper sich bewegen oder feststehen, nach welchen sie in bestimmter Lage oder Verbindung festgehalten werden. Da wir erkennen, daß diese Gesetze sich durch mathematische Formeln aussprechen lassen, so führt uns hier der Weg auf das Gebiet der exaktesten und schärfsten aller wissenschaftlichen Disziplinen, auf jenes der Mathematik, welche uns in der Statik und Mechanik Naturgesetze verstehen lehrt.

Die verschiedenen Arten, nach welchen die Verbindung der einzelnen Teile unter sich, die Herstellung eines Ganzen aus Einzelteilen, geschehen kann, die so mannigfaltigen Methoden werden als die Technik des betreffenden Werkes bezeichnet. Die Technologie lehrt uns die tausendfältigen Werkzeuge und Verfahrensarten kennen, deren wir uns bedienen müssen, um zum Zwecke zu gelangen.

Neben der Frage, welche Einrichtung einem Werke zu geben ist und welche Hilfsmittel uns zum Ziele führen, steht sodann die Frage, welche äußere Erscheinung unserer Schöpfung zu verleihen, in welcher Gestalt sich das Werk im Ganzen, wie in seinen Einzelteilen als eine solche des menschlichen Geistes neben den Schöpfungen der Natur dem Auge darbieten soll. Wir sind auch hier in einem, jenem der angewandten Wissenschaften ebenbürtigen Reiche angelangt, in dem der Kunst. Auch in diesem herrscht Gesetzmäßigkeit, weil das Denken auch hier die Grundlage bildet. Wer hier schaffend tätig ist, steht unter der Herrschaft dieser Gesetze. Zu ihrer Erkenntnis führen ihn zwei Wege: das Suchen der Erkenntnis von Richtigkeit und Zweckmäßigkeit aus inneren Gründen und die Beobachtung dessen, was andere, von klarem Bewußtsein oder von unbefimmtem Gefühle geleitet, getan haben; denn es findet auch hier eine Übertragung von Individuum zu Individuum, von Generation zu Generation statt.

Maßgebend ist für die äußere Erscheinung vor allem die Form, und es bedarf deshalb auch hier einer Organisation, der Sprache ähnlich; es entsteht eine Formensprache, die ihre Entwicklung in geschichtlicher Weise durchlebt und die gleich der menschlichen Sprache im Verlauf dieser geschichtlichen Entwicklung eine Reihe von Gruppen gebildet hat, die Stile, die unter sich verschieden sind, und doch zueinander in Verwandtschaftsverhältnissen stehen, ähnlich wie die großen Sprachgruppen und, wie diese, teilweise einander folgend, teilweise gleichzeitig nebeneinander lebend, in sich aber einschließend, was eine Reihe von Einzelindividuen auf dem ersten der beiden Wege, was sie aus inneren Gründen als das Richtige für die Aufgaben der Formgebung für die vom Menschen geschaffenen Werke erkannt zu haben glauben.

Neben der Form hat die äußere Erscheinung eines jeden Gegenstandes, der natürlichen sowohl wie der künstlichen, noch etwas Auffälliges an sich: die

Farbe, die nicht minder für den Gesamteindruck, den die Sache auf das menschliche Gemüt macht, entscheidend ist als die Form. Das Verhältnis der Farbe zur Form ist ein ähnliches wie jenes der Töne zur Sprache, indem auch die Farbe nur unbestimmte Gedanken, nur Gefühle ausdrücken und anregen kann, während die Form des bestimtesten Ausdruckes klarer Gedanken fähig ist. Ein Unterschied waltet allerdings ob. Während Töne auch ohne Vermittelung der Sprache zur Musik harmonisch aneinander gereiht werden können, lassen sich Farbtöne nicht ohne Verbindung mit Formen verwenden, ob es nun körperliche Formen seien oder eine in der Ebene liegende Zeichnung, nach welcher die Farbtöne miteinander verbunden werden. Aber wie die Wirkung der Sprache durch Steigen und Fallen des Tones gemehrt werden kann, wie durch Verbindung der künstlerisch gegliederten Sprache der Dichtkunst mit der Musik die erhabensten Kunstwerke entstehen, so liegt in der Verbindung von Farbe und Form, in künstlerischer Benutzung beider, der Schlüssel zur Erzielung der vollendetsten Harmonie, und der schaffende Geist wird sich nie der gleichzeitigen Sorge um beide ent schlagen dürfen, wenn er ein befriedigendes Werk schaffen will. Denn selbst wo Einfärbigkeit Grundbedingung ist, wird die Wahl der Farbe die Formendurchbildung beeinflussen. Deshalb treten Art und Umfang der Verwendung der Farbe ebenso charakteristisch in der geschichtlichen Entwicklung auf als der Gang, welchen die Formensprache genommen, und wenn die gemeinsamen Eigenschaften, wenn der Stil einer bestimmten Gruppe von Werken betrachtet werden soll, so muß sich die Aufmerksamkeit ebensowohl der Farbensättigung, wie der Ausbildung der besonderen Formensprache zuwenden.

Alle Werke, die unter der Herrschaft eines solchen Stils, also in der Regel innerhalb einer Völkerfamilie, geschaffen sind, bilden in Form und Farbe eine Einheit.

III.

So wohl organisiert auch unsere Sprache ist, so hat sie doch mitunter für mehrere verwandte Begriffe nur ein Wort. So hat sie ein für alle Werke der Menschenhand übliches Wort. Mit Recht bezeichnet sie dieselben gegenüber den Werken der Natur als Werke der „Kunst“, weil das Können die Grundlage der schaffenden Tätigkeit hier bildet, wie das Wissen jene der erkennenden. Die deutsche Sprache bezeichnet alle von Menschenhand geschaffenen Werke als künstlich gegenüber den natürlichen. Dasselbe Wort „Kunst“ jedoch wird auch in ausschließlicher Anwendung auf einen Teil der künstlichen Werke gebraucht, in Anwendung auf jene, die man im Gegensatz zu allen übrigen „künstlerische“ nennt. Wir haben das Reich der Kunst kennen gelernt auf dem Gebiete des abstrakten Gedankens, in Dichtkunst und Musik. Die Phantasie gab die Anregung; sie ist es auch, welcher solche hier auf dem Gebiete des angewandten Gedankens zu entnehmen ist; denn wir haben hier eine vollständige Analogie. Wie die Dichtkunst neben dem weiten Begriffe alles Erdachten, der sich in dem Worte „Dichtung“ ausdrückt, eine engere Bedeutung hat und nur auf gewisse Arten des Erdachten Anwendung findet, so auch hier die Kunst im engeren Sinne. In dieser Analogie haben wir auch einen bequemen Maßstab, um das Künstlerische vom Künstlichen im allgemeinen, vom Kunstbegriffe zu trennen und die Kunst im engeren Sinne zu definieren. Eine absolut genaue Grenze wird sich allerdings so wenig ziehen lassen, als das Gebiet der Dichtkunst sich mit mathematischer Sicherheit auf jenem der Dichtung umgrenzen läßt.

Wir haben von der tausendfachen Mannigfaltigkeit der Zwecke gesprochen, denen die Werke der Menschenhand dienen sollen. Der große Doppelgedanke der Kultur zeigt uns auch auf dem Gebiete des angewandten Gedankens für die Kunst im weiteren Sinne zwei Hauptaufgaben: einem materiellen Zwecke zu dienen einerseits, Geist und Gemüt des Menschen anzuregen und zu erheben andererseits. Und soweit die Erfüllung der letzteren Aufgabe die schöpfende Kraft in Anspruch nimmt, bewegt sie sich auf dem Gebiete der Kunst im engeren Sinne, und man nennt sie im Gegensatz zu jenen Künften, die nur dem Geiste, nicht der Hand des Menschen die Entstehung ihrer Werke verdanken, wie Dichtkunst und Musik, die bildende Kunst. Allein kaum je hat die bildende Kunst ausschließlichen Einfluß auf die Schöpfung eines Werkes; daselbe soll, körperlich aus natürlichen Materialien geschaffen, der Welt übergeben werden, soll irgendwo aufbewahrt werden und muß auf irgend eine Art angefertigt werden — Anhaltspunkte genug, um auch dem idealsten derselben eine materielle Seite zu geben. Andererseits mag der Zweck eines Werkes noch so materiell sein, mag er noch so bestimmte Anforderungen an die Gestaltung stellen, so hat es doch seine äußere Erscheinung und selbst beim untergeordnetsten ist diese für das Auge des denkenden Menschen nicht bedeutungslos. Die Kunst im engeren Sinne durchdringt das ganze Gebiet des menschlichen Schaffens. Ja es liegt in dem Grade, in welchem auch die Anforderungen des Gefühles im Verhältnisse zu denen des Verstandes Berücksichtigung gefunden, ein Maßstab für den Höhepunkt der Kulturentwicklung.

IV.

Wir haben bereits oben gesagt, daß die tausendfältigen Werke der Menschenhand, wie sie die fortgeschrittene Kultur hervorbringt, in sich so verschieden sind, daß nicht eine einzelne Disziplin Zweck und Einrichtung aller derselben betrachten kann. Wir haben aber eine Reihe von Gesichtspunkten aufzustellen gehabt, welche bei Betrachtung eines jeden maßgebend sind und welche, nach Familien solcher Werke vereinigt, als Fach gemeinsame Entwicklung genommen und sich auch gemeinsam betrachten lassen. Ein solches Fach ist Aufgabe der Betrachtung gegenwärtiger Arbeit.

Wir können im allgemeinen sagen, daß mit dem Steigen der Kultur die Aufgaben für das körperliche Schaffen sich gemehrt haben. Mit der geistigen Entwicklung entwickelten sich Bedürfnisse aller Art; es ergaben sich stets neue Zwecke, denen durch Schöpfungen Genüge geleistet werden sollte. Doch zeigt ein Blick auf die geschichtliche Entwicklung, daß nicht alle Zweige jederzeit gleichmäßige Ausbildung und Pflege fanden. Während ein Volk in einer bestimmten Periode die bedeutendsten Fortschritte in einer Richtung machte, blieb es in anderer stehen oder schritt langsamer vor; selbst bei ganzen Völkern und Völkerfamilien richtete sich die geistige Arbeit nur nach einer oder mehreren Richtungen und ließ andere mehr oder weniger zur Seite, wodurch gerade die Kultur solcher Zeiten und Völker ihren Charakter um so kenntlicher aufgeprägt erhielt, wodurch es aber auch schwierig wird, solche irgend eines Landes oder irgend einer Zeit als den Höhepunkt des je Erreichten zu betrachten. Manche Fächer haben allerdings nie eine hervorragende Rolle spielen können. Sie haben Werke geschaffen, die, für den Tag bestimmt, ihm dienten, mit ihm wieder vergingen; andere standen stets an der Spitze.

Je bedeutungsvoller der Zweck, je mehr auf seine Erreichung Gewicht ge-

legt wurde, um so mehr Aufwand von Material, von körperlicher und geistiger Arbeit erschien gerechtfertigt. Deshalb legte man aber solchen Werken auch die Aufgabe bei, einer Reihe von Generationen zu dienen, wenn möglich zu stehen bis an das Ende der Zeiten. Ihnen richtete sich daher auch die Aufmerksamkeit der schaffenden Generation in höherem Maße zu, als den ephemeren Werken. In ihnen konzentriert sich die geistige Kraft der Nation, deren bleibendes Denkmal sie werden sollen. Sie geben uns den Maßstab, den Höhepunkt der Kultur zu beurteilen in den Zwecken, zu welchen sie errichtet sind, in der Art, wie diesen Zwecken Genüge geleistet ist, und in dem Grade der künstlerischen Durchbildung der äußeren Erscheinung. In der Formen Sprache aber, die sich naturgemäß gerade an solch großartigen Werken entwickelt, gibt sich die Geistesrichtung einer Nation vorzugsweise erichtlich zu erkennen.

Zur Stellung hervorragender, mit Aufwand zu lösender Aufgaben lud zunächst die Notwendigkeit ein, künstliche Räume zu schaffen, die vor den Unbilden der Witterung Schutz gewähren konnten und den verschiedensten körperlichen wie idealen Zwecken dienten, dann die Notwendigkeit, die von der Natur der Verbindung der Menschen unter sich entgegengesetzten und die Fortbewegung über die Erdoberfläche hemmenden Hindernisse der Natur zu beseitigen. Aber auch ein idealer Drang veranlaßte schon auf der untersten Kulturstufe den Menschen, Massen in Bewegung zu setzen, um Zeichen seines Waltens und Wirkens auf der Erde zurückzulassen, sowie um Denkmale seiner Unterordnung und Dankbarkeit gegen höhere Kräfte und Wesen zu errichten, deren Verehrung seine Religionsform ihm nahe legte.

Wohl haben nicht alle Aufgaben, die aus den genannten drei Zwecken hervorgehen, die gleiche Bedeutung, noch erfordern alle dieselbe Höhe des Aufwandes zu ihrer Lösung; alle aber betreffen Werke, welche im Verhältnisse zum menschlichen Körper groß zu nennen sind; stets kommen Massen zur Verwendung, die nur durch Zusammenwirken vieler Menschenkräfte oder mechanischer Hilfsmittel bewältigt werden können. Die Technik, welche dies vollbringt, wird als „Kunst zu bauen“ oder „Bautechnik“ bezeichnet, die Lehre von der Formen Sprache, in welcher die Werke derselben auftreten, die „Tektonik des Bauens“, im Gegenlatze zu jener bei kleinen Schöpfungen, die „Architektonik“. Die Kunst, durch das Bauen jene großen nach den Regeln der Architektonik sich darstellenden Werke zu schaffen, heißt die „Architektur“ oder „Baukunst“. Sie wird ausdrücklich als Kunst bezeichnet; denn sie hat nicht bloß äußerlichen Zwecken zu dienen; sie vermag auch durch ihre Formen Sprache auf das Gemüt zu wirken und den Geist zu erheben, und ihre Werke fallen somit in den Kreis der Kunst im engeren Sinne. Durch die Größe der Aufgaben hat sie stets an der Spitze der Kulturtätigkeit gestanden; ihre Leistungen haben stets die höchste Höhe dessen bezeichnet, was man jeweils zu schaffen vermochte; in ihren Werken, welche, auf die Dauer der Jahrtausende berechnet, den Nachkommen überliefert werden, hat der praktisch tätige Geist seine höchsten Triumphe gefeiert, hat die bildende Kunst ihre höchsten Gedanken und Gefühle verkörpert, hat sich die Formen Sprache in klarer Weise entwickelt und der Geist der Nationen am schärfsten ausgesprochen. Kein Wunder, daß also auch das Baufach eine weitergehende Organisation erhalten, daß es in eine Reihe von Spezialgebieten sich gegliedert hat, und daß heute die Tätigkeit eine so vielseitige ist, daß auch in unserem „Handbuch der Architektur“ nicht ein einzelner, sondern eine ganze Reihe verschiedenartigst beschäftigter Fachgenossen es unternommen hat, die Leser

auf das weite Gebiet zu begleiten. Doch kann nur ganz ausnahmsweise ein einzelner sich ganz ausschließlich einem Spezialfache widmen, und kaum wird er dazu gelangen können, daselbe mit Verftändnis auszufüllen, wenn er sich nicht über die Bedeutung des Gesamtfaches, über die Grundfätze der Tätigkeit, über die innere Gruppierung der Spezialfächer und über den Inhalt jener noch besonders unterrichtet, die dem feinigen verwandt find.

Eine Gruppe von Spezialfächern hat sich allerdings heute faft gänzlich vom gemeinfamen Stamme losgelöst. Sie wird als Ingenieurfach bezeichnet und beschäftigt sich mit jenen Bauwerken, welche zur Verbindung der weit über die Erde zerftreuten Menschen und zur Beseitigung der Hindernisse errichtet werden, welche die Natur der bequemen Bewegung auf der Erdoberfläche entgegenfetzt. Die übrigen Gruppen von Spezialfächern werden dem Ingenieurwesen gegenüber als Hochbauwesen bezeichnet. Die Zwecke, denen die Werke des Hochbaues dienen, find noch immer mannigfaltig genug; jeder einzelne erfordert, wenn ihm die Baukunft ernftlich dienen foll, fo viel Studium, daß sich noch immer eine Reihe von einzelnen Spezialgebieten ergibt, deren Betrachtung sich je zu einem Ganzen abrundet, und es wird deshalb der fpezielle Teil dieses Buches eine Reihe von Abhandlungen bringen, die sich mit den einzelnen Gebäudegattungen beschäftigen und nachweisen, wie die Dispositionen bei jeder dieser Gebäudegattungen getroffen werden müffen, damit das Bauwerk feinen Zweck erfüllt, welche Materialien und Konftruktionmethoden sich als die geeignetften erwiefen haben, wie einzelne Elemente der allgemeinen Formenfprache auf die allgemeine Disposition des Gebäudes anzuwenden find.

V.

Eine große Reihe von Fragen würde jedoch in ganz ähnlicher Weise bei jeder folchen Einzelbetrachtung auftreten; manche löst sich mindestens in folch verwandter Weise bei allen, daß ihre Behandlung für alle gemeinfam erfolgen kann und daß ein allgemeiner Teil an die Spitze unferes Buches zu treten hat, der vieles umfaßt, was auch ganz gleichmäßig für jene Spezialfächer Geltung hat, die sich als Ingenieurwesen vom allgemeinen Stamme der Baukunft heute losgelöst haben, und was deshalb auch in einem „Handbuche der Ingenieurwiffenschaft“ nicht fehlen dürfte. Die Trennung ift ja ohnehin nur aus praktifchen Gründen erfolgt, weil jede fpezielle Aufgabe fo viele Modifikationen der allgemeinen Regeln mit sich bringt und immer nur gewisse von den vielen Gefetzen zur Anwendung kommen läßt, fo daß der Baumeifter sich mehr in feine Spezialität vertiefen kann, wenn er nicht den gefamten Umfang des Wiffens sich aneignen muß, fondern nur jenen Teil, welcher zur Kenntnis feines Spezialfaches und zur praktifchen Ausübung deselben erforderlich ift.

Als allgemeiner Teil, welcher der Unterfuchung der Einzelaufgaben vorauszufstellen ift, treten uns dieselben Betrachtungen entgegen, welche sich auch bei allen anderen Gebieten des greifbaren Schaffens zeigen. Wir haben zunächst die Materialienlehre ins Auge zu faffen, einestheils um als Grundlage die Stoffe kennen zu lernen, die uns überhaupt dienlich find, anderenteils weil fie für die äußere Erfcheinung, für das letztgefuchte unter den Zielen, die sich der Baumeifter fteckt, von hervorragender Bedeutung find. Sodann haben wir die ftatifchen Verhältnisse zu beachten, als die Gefetze, nach denen die Verbindung der Teile unter sich, weil unter dem Gefetze der Schwere ftehend, eine dauernde fein kann.

Dann haben wir die verschiedenen Arten zu zeigen, nach denen, auf die Natur der Materialien begründet, die Verbindung der einzelnen Materialstücke nach den Gesetzen der Statik zu einem dauerhaften Ganzen statzufinden hat, endlich die Gesetze, nach denen die äußere Erscheinung in Bezug auf Form und Farbe zu bilden ist, auf rein theoretische Erwägungen gegründet zu suchen, sodann unter Beschränkung auf die wichtigsten geschichtlichen Epochen zu betrachten, welche dieser Theorien und in welcher Weise dieselben tatsächlich von den Baumeistern ihren Schöpfungen zu grunde gelegt wurden und wie oft mehr als die Theorie eine Tradition zu Rat gezogen wurde, die sich aus der Arbeit ergeben hatte.

Wenn es praktische Gründe sind, die einen Teil des Bauwesens von den übrigen Zweigen losgelöst haben, so ging dies deshalb ohne Schaden an, weil vor allem in der Konstruktion so viel Eigentümliches liegt, das sich aus dem Zwecke ergibt, daß nur ein beschränkter Teil der allgemeinen Konstruktionslehre beim Ingenieurwesen zur Anwendung kommen kann, dagegen so viele Spezialkonstruktionen, die in anderen Fällen keine Berücksichtigung finden, sodann weil der Materialverbrauch durch viel gründlichere Berechnungen festgestellt werden muß, aber auch sicherer festgestellt werden kann als bei den komplizierteren Konstruktionen der meisten übrigen Zweige des Bauwesens. Es sind auch praktische Erwägungen, welche die Konstruktionslehre im gegenwärtigen Buche aus dem allgemeinen Teile hinausgedrängt und ihr eine besondere Stelle angewiesen haben, und zwar unmittelbar vor der speziellen Behandlung der verschiedenen Gebäudegattungen, weil so manche Konstruktionsfrage nur bei bestimmten Gebäudegattungen auftritt, so daß sich in der Tat auch für manche Gruppe derselben ebenso gut eine gefonderte Konstruktionslehre aufstellen ließe als für das Ingenieurwesen und die einzelnen Zweige desselben.

Dies kann jedoch nicht maßgebend sein für die Bedeutung der einzelnen Vorgänge, welche den Gedanken zum fertigen Werke führen sollen. Wenn daher der Verfasser dieser Zeilen in großen Zügen den Umfang anzudeuten hat, welcher Gegenstand der einzelnen Abhandlungen der gegenwärtigen Arbeit ist, so kann er doch nur den theoretischen Erwägungen folgen; er hat zu zeigen, wie sich aus den allgemeinen großen Gesetzen des menschlichen Schaffens die besonderen für die Baukunst ergeben.

VI.

Wir haben oben gesagt, daß die Baukunst sich bei jedem Werke, welchem materiellen Zwecke es auch diene, als Kunst im engeren Sinne zu bewähren habe, sowie daß Gesetzmäßigkeit auf dem weiten Gebiete der Kunst herrsche. Wir haben also diese Gesetze zu untersuchen, so weit sie sich auf das Gebiet der Baukunst beziehen. Noch einmal sei daher der Satz ausgesprochen und hier an die Spitze der Betrachtung gestellt, daß es Aufgabe der Kunst ist, den Menschen anzuregen, zu erheben und zu veredeln. Sie tut dies durch die äußere Erscheinung, welche sie ihren Werken gibt und welche man, wenn sie den genannten Zweck erfüllen, „schön“ nennt. Dieselbe Erhebung finden wir aber auch durch Betrachtung der Natur, weil sie „schön“, d. h. äußerlich vollkommen ist. Ihre „Schönheit“, d. h. die Vollkommenheit ihrer äußeren Erscheinung beruht aber auf der vollendeten Harmonie zwischen derselben und der Aufgabe, sowie der Einrichtung des Ganzen und aller Einzelteile, sowohl nach der Form als nach der Farbe. Als unbedingtes Vorbild steht uns daher die Natur vor Augen, allerdings

auch als unerreichbares. Menschlichem Schaffen wird es nie gelingen, das Ideal zu erreichen, und nie wird ein Kunstwerk so absolut schön sein wie die Natur und deren Werke. Aber nur das Studium der Natur kann uns dem idealen Ziele so nahe bringen, als es eben möglich ist. Das Studium der Natur wird sich jedoch dabei nicht auf die äußere Erscheinung ihrer Werke beschränken dürfen; vielmehr werden wir nur Förderung durch die Betrachtung erhalten, welchen Weg die Natur eingeschlagen hat, um ihren Erzeugnissen die vollendete Schönheit zu geben, nach welchen Regeln sie zu der absoluten Harmonie gelangt ist, auf welche die Schönheit ihrer Erzeugnisse sich gründet. Ihren Gesetzen analog müssen wir auch die Gesetze unseres Schaffens und Bildens aufstellen; auf die Naturgesetze müssen sich unsere Schönheitsregeln gründen.

So unendlich mannigfaltig die Natur ihre Geschöpfe gebildet, so trägt doch jedes alle Bedingungen der Lebensfähigkeit in sich und hat alle Organe, welche ihm das Leben unter den Verhältnissen, für die es bestimmt ist, möglich machen, aber auch keines, welches dazu überflüssig wäre. So ist auch beim vollendeten idealen Kunstwerke kein Teil zufällig vorhanden. Es hat alle jene Teile im großen und kleinen, welche dazu nötig sind, die Aufgabe zu erfüllen, und alle sind so gefaltet, wie sie zu solcher Erfüllung am meisten geeignet sind. Aber ebenso wenig, wie das aus der Hand des unfehlbaren Schöpfers hervorgegangene Naturprodukt, hätte das wirklich vollkommene Kunstwerk irgend einen Teil, der zwecklos, irgend eine Form, die nicht der inneren Bedeutung entsprechend wäre. Jedes Werk der Natur zeigt sich als charakteristisch, und ebenso ist „Charakter“ das erste, was wir zu verlangen haben, wenn wir ein Werk als schön anerkennen sollen.

Allerdings bedingt die vollständige Durchdringung von Zweck und Erscheinung in der Natur das Zurücktreten des Individuums, und ebenso ergeben sich bei Bauwerken, die ihrem Zwecke möglichst vollkommen entsprechen, ganze Reihen, bei denen die Individualität des einzelnen ähnlich zurückgedrängt ist wie in der Natur, und wie dort nur so weit sichtbar wird, als im einzelnen abweichende Existenzbedingungen des Individuums dazu Veranlassung geben. Wenn wir das vollständige Entsprechen einer ganzen Reihe von Werken „Charakter“ nennen, so müssen wir das Entsprechen eines Bauwerkes seiner individuellen Aufgabe als „Originalität“ bezeichnen, und wie in der Natur Hunderttausende von Gattungen und Arten vorhanden sind, deren jede ihre charakteristische, von allen anderen verschiedene Form hat, ohne daß eine dieselbe von der anderen entlehnt hätte, wie die Originalität des Einzelindividuums nur unter bestimmten Bedingungen erscheint, so auch in der Architektur. Jede Gebäudegattung wird einen anderen Charakter tragen und schön sein, wenn der Charakter echt ist, unschön, wenn sie ihre Erscheinung einem anderen Werke entnimmt, das unter anderen Bedingungen sich diese Erscheinung gebildet hat. Aber auch die Originalität wird nur soweit auf Schönheit Anspruch machen können, als sie auf individuellen Bedingungen eines bestimmten Gebäudes beruht. Nur weil Menschentätigkeit nicht so unfehlbar ist wie des Schöpfers ewig wirkende Kraft, finden wir mitunter mehrere uns entsprechend erscheinende Lösungen einer absolut gleichen Aufgabe, finden wir oft Originalitäten erträglich. Der wahre Künstler aber wird nie Originalität suchen, sondern nur ihr Gestalt geben, wenn die Grundbedingungen dazu vorhanden sind.

Der Charakter eines Bauwerkes oder seine originelle Erscheinung hängt wesentlich von der Gruppierung der einzelnen Teile ab. Wie die Natur

alle einzelnen Organe eines Geschöpfes so aneinander fügt, daß jedes einzelne den Zweck erfüllen und die Wirkung hervorbringen kann, zu welcher es in den Gesamtorganismus eingefügt ist, und wie die Eigentümlichkeit des Gesamtorganismus eben in der Summe aller Einzelorgane liegt, so wird auch der Baumeister jeden einzelnen Teil seines Gebäudes so einzurichten haben, daß er der Einzelaufgabe entspricht, und die Einzelteile so aneinander fügen, daß die Gesamtdisposition dem Gesamtzwecke entspricht. Er wird so viele Einzelteile, jeden einzelnen von solcher Gestalt und Größe anordnen und dieselben so miteinander verbinden, daß der Gesamtzweck und der Einzelzweck jedes Bauteiles erfüllt werden. Diese Gruppierung wird aber auch den Gesamtzweck und die Einzelzwecke erkennen lassen und deshalb schön sein.

VII.

Eine Grundregel beobachtet dabei die Gestaltungskraft der Natur: es ist die Ordnung. Sie bildet nicht ihre Geschöpfe nach Zweck und Gestaltung so, daß die einzelnen Organe beliebig aneinander gefügt wären; sie ordnet dieselben so, daß ihren Körpern bestimmte gegenseitige Verhältnisse gegeben sind. In solcher Ordnung und im Aneinanderfügen nach harmonischen Maßverhältnissen wird sich auch der Baumeister überall da als Künstler zu bewähren haben, wo die Maßverhältnisse seiner Teile nicht mit absoluter Genauigkeit feststehen; er wird ein harmonisches Gleichgewicht der Massen herzustellen haben, ob nun sein Gefühl ihm die Zahlenverhältnisse diktiert, ob er aus den Erfahrungen anderer bestimmte Größenverhältnisse, die sich als harmonisch festgestellt haben, benutzte ob er durch geometrische Netze oder durch Berechnung sich harmonische Verhältnisse künstlich feststellte. Der Harmonie der Massen liegen ebenso bestimmte Zahlenverhältnisse zugrunde als der Harmonie auf anderen Gebieten. Dem echten Künstler aber wird das Gefühl dafür so lebendig innewohnen, daß er sich darauf sicherer verlassen kann als auf eine Rechnung, die er vielleicht fehlerhaft durchführt. Dem Schüler und Anfänger aber wird unter Umständen die Rechnung oder ein geometrisches Netz ein vortrefflicher Leitfaden sein, das künstlerische Gefühl zu schulen, und nicht jeder, der bereits in der Praxis steht, wird sein Gefühl genügend geschärft haben, um ähnliche Hilfsmittel verachten zu dürfen.

Die Ordnung bedingt aber nicht bloß richtiges gegenseitiges Zahlenverhältnis für sich und gegeneinander, sondern auch gesetzmäßige Gruppierungen. Sie werden sich entweder in bestimmtem Verhältnisse um einen Mittelpunkt reihen oder gleichmäßig beiderseits an eine oder mehrere Mittelachsen anschließen. Das große Gesetz der Symmetrie, welches durch die ganze Natur geht, ist auch ein Grundgesetz des künstlerischen Schaffens. Allerdings wirkt in der Natur selten ein Gesetz allein auf irgendeine Gestaltung ein, und so wird oft genug die Herrschaft der Symmetrie gebrochen durch Existenzbedingungen der Geschöpfe, durch Einwirkung äußerer Kräfte, welche nicht die gleichmäßige Entwicklung zulassen. So auch in der Baukunst: der Meister darf nie der Symmetrie die Zweckmäßigkeit opfern, und oft genug treten beschränkter Raum, beschränkte Mittel, Rücksichten auf klimatische Verhältnisse hemmend ein; das Kunstwerk muß sich beschränken; es kann nicht ausschließlich dem künstlerischen Gesetze folgen.

Und doch liegt ein eigener Reiz auch darin. Würde uns wohl die Landschaft gefallen, wenn jeder Baum streng symmetrisch aufgewachsen wäre wie das Ideal eines Orangenbaumes oder einer Kugelakazie? Wie uns gerade dadurch,

daß jeder Baum durch alle die verschiedenen Kräfte, welche das einfache Gesetz des Wachstums durchkreuzen, eine individuelle Erscheinung erhält, wie wir die Gruppierung der Teile zu einem lebensvollen Baume mit Interesse verfolgen, so auch interessiert uns der Stempel der Originalität, der durch solche äußere Verhältnisse dem Bauwerke aufgedrückt wird, und die malerische Erscheinung. Wenn aber erst über das Bauwerk nach seiner Vollendung die Stürme der Zeit hingegangen sind, wenn sie an ihm gerüttelt und gebröckelt haben, wie Stürme die Äste des Baumes knicken und einzelne zum Absterben bringen; wenn sich an das Bauwerk Moos und Flechten ansetzen; wenn sich Staub und Spinnengewebe oder selbst eine ganze Vegetation darauf gelagert hat — dann wächst das Originelle der Erscheinung, und die Bauwerke üben einzeln oder in Verbindung miteinander einen Zauber aus, der allerdings anderer Art ist, den aber selbst ein vollendetes Kunstgebilde ebenso wenig hervorbringen kann als ein vollkommen unbeeinflusst gewachsener, streng gerader Baum. Aber diese malerische Erscheinung des Baumes ist nicht das Resultat einer bestimmten Absicht der Natur; und wollten wir etwa an ihrer Stelle durch künstliches Stützen und Binden nachhelfen, so würden wir kaum etwas anderes erreichen als ein Zerrbild, niemals aber die freie Schönheit wilden Wuchses. So haben auch solche Zufälligkeiten beim Bauwerke nur Berechtigung, wenn sie unabichtlich entstehen. Das Gesetz der Natur weist auf die bestimmteste Strenge hin, die nur durch Einwirkung positiver Kräfte, also durch andere selbständige Naturkräfte aufgehoben werden kann. Ebenso in der Kunst, deren wahre Schönheit in der Gesetzmäßigkeit liegt. Ein Abweichen aus Laune bringt keine Originalität, sondern nur ein Abweichen aus Bedürfnis. In der Architektur entsteht nur ein Zerrbild, wenn man künstlich das herbeizuführen sucht, was die Zeit durch ihre Zerstörungen dem Bauwerke an Reiz verleiht, nur ein Zerrbild, wo man unnützer Weise und willkürlich das Gesetz der künstlerischen Gestaltung, das Gesetz der Harmonie und Symmetrie verletzt. So wenig man ihm die Zweckmäßigkeit opfern darf, so wenig darf man es in ausgelprochener, lediglich falscher künstlerischer Rücksicht brechen; denn es ist und bleibt Grundgesetz aller künstlerischen Gestaltung, wie es Grundgesetz der Natur ist.

VIII.

Der Baumeister braucht, um seine Gebilde zu verkörpern, Massen, die aus mannigfaltigen Materialien zusammengesetzt werden können, deren Eigenschaften ganz verschieden sind. Hinsichtlich der Auswahl ist wiederum die Natur die untrüglichsie Lehrmeisterin. Aus hartem Gestein hat sie die Berge gebildet, aus elastischem Holze den schlanken Baum, welcher, dem Stöße des Sturmwindes nachgebend, sich beugt und, wieder zurückgeschneilt, stolz in ursprünglicher Form dasteht. Sie hat aus fester Masse das Knochengerüst der Tiere gebildet, elastische Sehnen dahin gesetzt, wo die Knochen sich bewegen sollen; aus weichem nachgiebigem Fleische hat sie den umkleidenden Muskel gebildet, doch stramm genug, um Träger der Kraft zu sein, welche das Geschöpf über der Erde hin oder durch die Luft bewegt. So vollkommen zweckentsprechend wie die Natur kann der Baumeister sein Material sich nicht selbst bilden; er ist an Vorgefundenes gewiesen und kann es höchstens etwas umgestalten. Allein er findet harte und widerstandsfähige Körper genug, wo sein Bauwerk schwere Lasten zu tragen hat; er findet leicht zu behandelnde, um Teile zu bilden, die bloß Träger eines reichen Formenspiels sind. Die Natur zeigt ihm selbst, welche ihrer Gesteine verwittern, welche

er wählen kann, damit sie die Jahrtausende überdauern. Sie zeigt ihm durch natürliche Vorgänge, welchen Kräften dies oder jenes Material nicht widerstehen kann. Das Holz wird vom Feuer verzehrt; Rost und Erschütterungen benehmen dem Eisen seine sprichwörtliche Festigkeit. Je nach den Angriffen also, welchen ein Bauwerk ausgesetzt ist, werden bestimmte Materialien zu wählen, andere zu vermeiden sein. Besonders wichtig ist aber bei der Auswahl des Materials auch die Rücksicht, wie sich die einzelnen Stücke desselben untereinander verbinden lassen, und welche Kräfte in ihnen tätig wirken, wenn ein großes Ganze aus ihnen gebildet ist. Nicht jede Verbindung derselben, nicht jede Konstruktion entspricht ja in allen Fällen dem Zwecke des Bauwerkes. Wo lichte freie Räume nötig, wo wenig Unterstützungspunkte geboten sind, darf die Konstruktion nicht aus Materialien hergestellt werden, welche viele und massige Stützpunkte verlangen. Nicht bloß das materielle Raumbedürfnis ist indessen da maßgebend; auch der geistige Inhalt, welcher in der Aufgabe des Bauwerkes liegt, macht sich geltend mit seinen Forderungen an massige Schwere oder luftige und leichte Gestaltungen.

So wenig wir jedoch an dieser Stelle nachweisen können, in welcher Weise sich für jede der vielen Einzelaufgaben der Charakter des Bauwerkes und damit die äußere Gruppierung der Massen aus derselben entwickelt, und wie wir dies vielmehr anderen Abteilungen des gegenwärtigen „Handbuches“ überlassen müssen, so können wir hier auch nicht im einzelnen nachweisen, welche speziellen Konstruktionsmethoden sich jeweils aus dem Charakter der Bauwerke ergaben, ohne zu weit in die spezielle Konstruktionslehre hinüberzugreifen. Wir müssen uns deshalb mit dem oben Angedeuteten begnügen und nur ganz allgemein den Satz aufstellen, daß die Aufgabe der Konstruktion darin besteht, aus den Massen des mit Rücksicht auf den materiellen und idealen Zweck des Bauwerkes ausgewählten Materials die Baumassen zur Begrenzung des nötigen Raumes derart zusammenzustellen, daß dem materiellen und idealen Zwecke Genüge geleistet wird, und daß diese Zwecke auch äußerlich möglichst klar ausgesprochen erscheinen. Auch hier gerade gibt die Natur in ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit das sprechendste Vorbild. Wie wunderbar und zweckmäßig konstruiert sie die Körper aus dem Knochengeriße, den Sehnen, Muskeln und der umkleidenden Haut! Nirgends eine sorglose Verbindung! Alles genügend stark, aber nirgends eine überflüssige Masse.

Nirgends eine überflüssige Masse? Scheinbar doch! Zum Leben, zum bloßen Leben könnte ein Geschöpf sehr einfach und leicht gebaut sein; zur bloßen Fortbewegung brauchte manches nicht die Kräfte, die in seinen Muskeln ruhen. Des Körpers Last ist nicht so groß, daß sie die ganze Tragkraft des Knochengerißes in Anspruch nähme. Je höher das Geschöpf organisiert ist, um so mehr hat die Natur bei ihrer Konstruktion die Anordnung kompliziert; um so mehr hat sie überschüssige Massen in ihrer Konstruktion verwendet, nicht nur, damit auch ihr Werk den Kräften widerstehen könne, die von außen auf dasselbe wirken, nicht nur damit nicht sofort die gesamte Funktion gestört werde, wenn irgend eines der Glieder geschwächt wird, sondern auch, weil eine höhere Aufgabe im Haushalte der Natur höhere Organisation und dazu mehr Aufwand vorschreibt. Aber solcher Aufwand ist kein überflüssiger.

Derart höher oder niedriger organisierten Geschöpfen gleichen nun die Bauwerke. Manches dient einem einzigen ganz einfachen Zwecke, andere einer großen Reihe in sich recht verschiedenartiger. Ein Bauwerk hat nur materielle Aufgaben zu erfüllen, ein anderes ideale. Die Raumaussmessung und die Bau-

massen, durch welche ein Werk der ersteren Gattung gebildet ist, werden sich genau nach der notwendigen Bodenfläche zur Unterbringung, nach den benötigten Kubikmetern Luft zur Existenz der sich darin aufhaltenden Wesen berechnen. Die Baumassen werden eben genau so stark zu nehmen sein, daß sie den Angriffen widerstehen können, die Konstruktion so einfach, als die Natur der Materialien es zuläßt; das Bauwerk wird dadurch charakteristisch werden und deshalb nicht minder schön sein als ein Bauwerk, das einem idealen Zwecke dient und deshalb hochauftretende Massen auftürmt, seinen Räumen eine Weite und Höhe gibt und dieselben in einer Weise konstruiert, daß der Geist des Beschauers von Bewunderung hingerissen und auf ganz bestimmte Gedanken hingelenkt wird. Bei derartigen Bauten sind selbst große Massen nicht überflüssig, wenn das Bauwerk auch ohne sie bestehen könnte. Würden sie aber angewandt, um den ersteren Zweck zu erfüllen, so würden sie tatsächlich überflüssig sein, und was auch immer darauf geschähe, es könnte das Bauwerk nicht schön machen, weil es ihm den Charakter der Einfachheit nicht geben könnte, der durch die Sache selbst bedingt ist.

IX.

Zur charakteristischen Schönheit gehört nicht bloß die richtige Gruppierung der Teile und die richtige Verwendung der Massen, sowie die geeignete Konstruktion, sondern auch die entsprechende Form aller einzelner Teile und des ganzen Werkes. Die Massen des Baumaterials können nicht in der Gestalt unverändert bleiben, in welcher der Zufall die einzelnen Stücke bei ihrer Gewinnung gebracht hat. Wenn schon die Verbindung der Einzelstücke zur Konstruktion es notwendig macht, daß sie, soweit sich Nachbarstücke berühren, in eine gegenseitig entsprechende Form gebracht werden, so bedingt es ebenfalls schon die äußere Zweckmäßigkeit, den Massen bestimmte Formen zu geben, mehr aber noch die innere Notwendigkeit. Der Charakter des Bauwerkes wird größere oder geringere Feinheit und Mannigfaltigkeit derselben beanspruchen, und auch sie müssen wiederum zum Charakter beitragen; sie müssen im großen ganzen aussprechen, welchen Zweck das ganze Bauwerk zu erfüllen hat; sie müssen im einzelnen aussprechen, welchen Zweck jeder einzelne Teil in der Konstruktion hat, welche Bedeutung er für die geistige Gesamtaufgabe des Baues hat. Diese Formengebung an die einzelnen Teile der Massen, welche in der Konstruktion verbunden sind, nennt man die Gliederung. Diese wird sich bei bloßen Nützlichkeitsbauten auf das einfachste beschränken; sie wird um so weiter gehen, je höher und idealer die Aufgabe ist, und muß bei idealer Lösung der höchsten Aufgabe so weit gehen, daß die Konstruktionsteile keine toten, d. h. zur künstlerischen Erscheinung überflüssigen mehr zeigen, sondern in charakteristisch gegliederte Teile aufgelöst sind, soweit nicht die Massen der Wirkung wegen unbelebt bleiben müssen.

Der Gesamtcharakter des Baues wird nur sekundär die Gliederung der Einzelteile beeinflussen. Dieselbe hat vielmehr vor allem auch den Charakter der Einzelteile hervorzuheben, denen sie Form gibt; sie hat dem Auge klar zu machen, welche Eigenschaften das Material hat, welcher Art demgemäß das einzelne Materialstück in Anspruch genommen ist und in welcher Weise die sämtlichen Stücke untereinander verbunden sind, welche Dienste demgemäß die Verbindung einer Reihe der Einzelstücke zu einem Konstruktionsteile der Gesamtkonstruktion leistet. Die künstlerische Gestaltung wird da, wo große Massen nötig sind, um einer großen Kraft zu widerstehen, dieses Verhältnis dem Auge durch große, schwere,

maßige Gliederung klar machen; sie wird durch leichte, zierliche Gliederung das bestehende Verhältnis da anzeigen, wo die Massen keinem äußeren Zwecke mehr dienen, wo sie keine tiefergehenden statischen oder mechanischen Dienste zu leisten haben, sondern mehr ästhetische Rücklichten ihr Vorhandensein verlangen.

Die Gliederung soll aber auch nicht bloß die Eigenschaften und Funktionen der einzelnen Konstruktionsteile hervorheben; sie soll dieselben auch für das Auge verbinden; sie soll die scheinbar widerstrebenden Elemente zu einem befriedigenden Ganzen vereinigen; sie soll das Ungleichartige vermitteln, das Gleichartige trennen.

Wir können das Sprachgesetz nahezu als ein Naturgesetz betrachten und finden daher auch hier die beim gesamten Aufbau des Systems künstlerische Schaffens festgehaltene Analogie mit den Naturgesetzen als Norm für dasselbe wieder. Müßten wir jedoch für die Gesamtanordnung und Einteilung eines Bauwerkes Analogien auf einem Gebiete suchen, auf welchem subjektive Anschauungen keinen Einfluß haben, so daß allerdings die vollkommenste Erfassung der dem Künstler von außen gegebenen Aufgabe ihm gewissermaßen dieselbe vollkommene Schöpferkraft verleihen würde, wie sie der Natur innewohnt, während die ganze individuelle Einwirkung des Künstlers eben nur im Grade seiner Vollkommenheit liegt; müßten wir ähnlich für die Konstruktion des Bauwerkes selbst auf eine Tätigkeit hinweisen, die einem unerreichbaren Naturgesetze analog ist — so gibt die Durchbildung der Gliederung, weil sie eben eine Sprache ist, der subjektiven Tätigkeit mehr Raum. Man kann bei vollkommener Beherrschung einer Sprache einen und denselben Gedanken in der verschiedensten Weise ausdrücken; nur in der Ausdrucksweise wird eine größere oder geringere Feinheit und Harmonie liegen, welche eben dem Sinne des Vortragenden für Feinheit und Harmonie entsprechen. Ebenso bei der Formensprache. Hier entscheidet nur das Talent; hier ist kein Gebiet mehr, das eigentlich so groß ist, daß selbst der bedeutendste und klarste Kopf gegenüber den ewig waltenden, unfehlbaren Naturgesetzen seine Schwäche erkennen muß. Hier ist vielmehr ein solches, welches des Menschen Kraft ausfüllen kann, welches deshalb auch der Künstler beherrschen kann und muß.

Die Gliederung hat wie die Sprache ihre formale Seite, formale Elemente, welche einzelne bestimmte Begriffe ausdrücken, analog den Worten, und formelle Gesetze, wie die Sprache ihre Grammatik. Nach diesen Gesetzen verbinden sich die Grundelemente der Formensprache zu diesem wie zu jenem Satze, und wie der Dichter aus demselben Wortvorrat schöpft, ob er ernst oder heiter stimmen will, ob er den Geist in behagliche Ruhe wiegen, ob er ihn entflammen und zu großen Taten begeistern will; so ist auch hier der Künstler auf denselben Schatz an Formenelementen gewiesen, um seine Gedanken zu verkörpern, ob solche sich zu einem Werke von idyllischer Einfachheit, ob von majestätischer Größe verbinden sollen, und ein ähnliches Gesetz, wie das Sprachgesetz, wird ihn leiten, ob der Charakter der Aufgabe ihn zu einfacher Natürlichkeit veranlaßt oder ob die Kraft eines mächtigen Pathos die Begeisterung des Beschauers mehren soll. In solcher Weise hat ja auch die Aufgabe des Dichters Einfluß auf seine Sprache.

Ebenso weit nur werden Gesamtaufgabe und Gesamtgestaltung des Bauwerkes die Gliederung direkt beeinflussen. Sie bestimmen den größeren oder geringeren Grad des Reichtums, den Grad des mehr oder minder scharfen Sprechens, d. h. der Derbheit oder Feinheit, sowie den Maßstab, d. h., um bei unserem Vergleiche zu bleiben, die Größe der Schriftcharaktere, in welchen die Gedanken ausgedrückt

werden. Die Größe des Bauwerkes, welchem sie entsprechen muß, bestimmt auch die Größe für jeden Einzelteil. Die Frage, wie weit derselbe vom Auge entfernt ist, welchen Standpunkt das letztere gewinnen kann, um diesen Teil zu betrachten, beeinflußt gleichfalls die Gestaltung der Einzelteile.

Im übrigen entwickelt sich die Formensprache nach eigenen Gesetzen; denn nicht Zufall ist es, noch subjektive Annahme, welche die Elemente feststellt und denselben ihre Bedeutung zuweist.

Die Formensprache teilt mit der allgemeinen Umgangssprache die historische Entwicklung. Das Bedürfnis ausdrucksvollere Sprache hat sich in der Architektur ebenso nach und nach entwickelt wie im menschlichen Umgange, und dem Bedürfnisse ist stets sofort die Einführung neuer Formenelemente gefolgt. Wie sich die Worte der Umgangssprache im engsten Anschlusse an die Entfaltung der Begriffe selbst bei jedem Volke entwickelt haben, so auch die Formen der Architekturelemente. Derselbe Trieb, welcher den Menschen veranlaßte, nicht irgendwelche, sondern ganz bestimmte Laute aneinander zu reihen, um für einen bestimmten Begriff das richtige Wort zu bilden, hat auch die Formenelemente so ausgewählt, daß sie den elementaren Begriffen wirklichen Ausdruck geben, zu deren Verkörperung sie dienen. Die Grammatik dieser Formensprache wird, wie jeder andere Teil des Bauwesens, Gegenstand einer besonderen Abhandlung unseres „Handbuches“ sein. Wir können daher hier unseren Satz ebenlowenig durch Beispiele belegen als alle vorhergehenden, so nahe auch gerade hier der Nachweis gelegt wäre, in welcher Weise sich solche Formenelemente aus den Begriffen entwickeln, welche und wie viele solcher Elemente die Formensprache enthält, wie sich dieselben gruppieren lassen, und was sich durch diese Gruppierung ausprechen läßt.

Allerdings ist die Zahl der Formenelemente keine so große als jene der Worte einer ausgebildeten Sprache, immerhin aber groß genug, um für den Ausdruck eines jeden Gedankens auszureichen, welcher überhaupt durch die Architektur verkörpert werden kann. Wie hat nun, um naturgemäß zu verfahren, die Baukunst ihre Elemente zu gestalten, welche Lehren kann sie dafür der schöpferischen Tätigkeit der Natur entnehmen?

Sämtliche Kräfte, welche in einer Konstruktion wirken, sind statische und mechanische; ihnen haben die Baumassen, welche zur Konstruktion verbunden sind, zu widerstehen. Ihre Wirkung beruht auf Gesetzen, die sich durch mathematische Formeln ausdrücken lassen; deshalb können ihnen auch nur mathematische, d. h. geometrische Formen Ausdruck geben. Die großen Baumassen sowohl, als die Hauptkonstruktionsteile haben daher stets geometrische Grundformen zu erhalten. Auch die Hauptelemente der Einzelgliederung haben geometrische Formen.

X.

Das Bauwerk soll jedoch nicht bloß die Wirkung statischer und mechanischer Kräfte zum Ausdrucke bringen; es soll auch bestimmte Gedanken anregen. Zu diesem Zwecke erweitert sich der Schatz der Formensprache durch Elemente, welche, wie die Worte der Umgangssprache, an das anknüpfen, was das Auge des Menschen sieht, Elemente, die nicht mehr der Konstruktion dienen, sondern nur dem idealen, im Bauwerke liegenden Gedanken, der den Charakter des Gebäudes in der Massenordnung bestimmt. die Wahl des Materials und der Konstruktion geleitet hat. Die Ornamentik, unter welchem Namen die an die geo-

metrische Gliederung anschließenden, sprechenden Elemente bezeichnet werden, gehört gleich der Gliederung der Formensprache an. Ihre Anwendung jedoch läßt sich mit keinem Vorgange der Natur bei ihrer schöpferischen Tätigkeit in Parallele stellen; vielmehr liegt in ihr und ihrer Verwendung jener direkte Gegensatz zur Natur, welcher im menschlichen Schaffen ruht. Die Natur hat nie selbstbewußte Gedanken auszudrücken und bedarf in ihrer Formensprache deshalb keiner Elemente, welche solchen Ausdruck geben. Die Baukunst braucht solche.

Unser gesamter Gedankengang ist beeinflusst von der Natur und deren äußerer Erscheinung. Unser ganzes Denken ist nur darauf gerichtet, sie zu verstehen oder uns von ihr frei zu machen, und so müssen wir auch ihren Erscheinungen die Elemente entnehmen, um dem Gedanken im Anschluß an den konstruktiven Kern des Bauwerkes Ausdruck zu geben. Es ist das gesamte Pflanzenreich, das Tierreich und die Gestalt des Menschen selbst, denen wir die Elemente entnehmen. Es ist aber auch alles von der Menschenhand Geschaffene selbst, dessen Form wir als Schmuckwerk unserem Bauwerke mit seinen charakteristischen Grundformen anfügen. Die durch das Schmuckwerk ausgedrückten besonderen Gedanken müssen jedoch, um ihre Berechtigung zu haben, zum Grundgedanken des Werkes in Beziehung stehen. Es muß für sie eine innere Notwendigkeit vorhanden sein. Ohne solche darf das Ornament sich am Bauwerke nicht zeigen. Die Frage seines Vorhandenseins ist analog dem Vorhandensein der Blätter und Blüten des Baumes; wie diese notwendige Bestandteile zum Leben desselben sind, so müssen auch alle Ornamente notwendige Bestandteile des Gesamtwerkes sein. Der Charakter des Gebäudes, der geistige Zweck, dem es dienen soll, bestimmen, wo und wieviel davon vorhanden sein muß, und so wenig am vollendeten Kunstwerke eine Blume zu viel sein darf, ebensovienig darf eine notwendige fehlen. Aber eben der Zweck, zu welchem die Ornamentik angebracht wird, betrifft nicht das materielle Leben des Werkes, welches sich auf seinen selten Stand beschränkt, sondern das geistige. Geist hat die Natur keinem Geschöpfe mit Ausnahme des Menschen gegeben, und deshalb ist die Kunst, welche einen Teil des göttlichen Funkens im Menschen wiedergibt, echt menschlich.

Doch ist auch das Ornament nicht ganz von äußeren Bedingungen unabhängig. Die Größe der Einzelformen ist gleich jenen der Gliederung abhängig von der Größe des Bauwerkes und von der Stelle, welche es an demselben einnimmt. Es ist abhängig von dem Material, aus welchem es hergestellt wird. Schon die Rücksicht auf das letztere würde eine gewisse Umbildung der natürlichen Formen nötig machen. Das Blatt eines Ornaments am Bauwerke ist kein natürliches Blatt, welches der Wind bewegt; es ist aus Holz oder Stein gebildet; es läßt sich also nicht in der geringen Stärke herstellen, in welcher ein natürliches Blatt aus Zellengewebe sich darstellt. Aber auch ein solches natürliches Blatt zeigt so viel Zufälliges, weil das große Gesetz des Wachstumes, welches die absolute Gleichheit der Gestalt aller Blätter einer und derselben Pflanzengattung bedingen würde, in der Tat nie zur ausschließlichen Geltung gelangen kann, sondern durch tausende der verschiedenartigsten Einflüsse durchkreuzt wird, welche dem einzelnen Blatte so viel Zufälliges geben, daß es in seiner Zufälligkeit nicht immer dazu dienen kann, einen bestimmten Gedanken zu verkörpern. Wir müssen vielmehr die Form aufsuchen, welche es angenommen haben würde, wenn das Gesetz des Wachstumes zu ungeörterter Geltung hätte gelangen können. Das Naturobjekt ist aber auch entweder ein Ganzes für sich oder Teil eines vollständig

anderen Ganzen, als es am Bauwerke wird. Diesen anderen Verhältnissen muß es Rechnung tragen. Es muß umgebildet — stilisiert werden, um als ein von der Architektur unzertrennliches Stück seine Aufgabe zu erfüllen. Der Grad der Stilisierung ist aber je nach der Aufgabe ein sehr verschiedener. Er kann soweit gehen, daß nicht einmal mehr ein bestimmtes in der Natur vorhandenes Geschöpf noch im Ornament sichtbar bleibt, sondern ein ideales Gebilde, welches nur eben noch annähernd dem Familienkreise angehört, den die Natur für verschiedene Reiche ihrer Geschöpfe aufgestellt hat.

XI.

Wir haben oben ausgesprochen, daß alles, was in die Erscheinung tritt, Form und Farbe hat. So also auch die Werke der Baukunst. Wir haben das Verhältnis von Form und Farbe zueinander verglichen mit der Sprache und der Musik. Wir haben von dem Eindrucke gesprochen, welchen nicht bloß die Form, sondern auch die Farbe irgendeines Gegenstandes auf das Gemüt macht. Wir haben deshalb auch in der Architektur die Farbe als eine ebenso wichtige Grundlage der künstlerischen Gestaltung anzusehen wie die Form, und die Harmonie der Farben ist ebenso wichtig als das Bildungsgesetz der Formen. Die Farbe hat ihre Bedeutung vorzugsweise für den geistigen Teil der Aufgabe eines Bauwerkes. Je weniger ideal diese Aufgabe, um so weniger wichtig die Farbe des Werkes: je idealer daselbe, um so höher die Wichtigkeit der richtigen Wahl.

In ähnlichen Verhältnissen, wie die Musik den Eindruck der Dichtung auf das Gemüt wesentlich heben kann, kann auch die Färbung die Wirkung der Formen der Kunstwerke überhaupt und der Architektur im besondern vergrößern. Gewiß aber wird nicht jede Färbung das Bauwerk heben, sondern nur eben eine dem Charakter im ganzen entsprechende Färbung mit harmonischer Nuancierung der Einzeltöne. Die Zahl der einzelnen Farbtöne mit ihren feinen Übergängen ist ebenso verschiedenartig nach Stärke, Höhe und Tiefe wie bei der Musik, die ebenfalls nicht über mehr Klangfarben verfügt, als die Zahl der Farben ist, welche die Palette aufweisen kann. In ähnlichen Verhältnissen aber stehen harmonische Farben zueinander, wie harmonische Töne. Ähnlich sprechen sich die Gegensätze aus; ähnlich runden sich die Farben zu einem Gesamtwerke ab, wie aus einzelnen Klängen das Tongemälde entsteht.

Wir können ein Bauwerk, welches ausschließlich aus einem einzigen gleichfarbigen Material errichtet ist, mit dem gleichmäßig gesprochenen Vortrage einer Dichtung vergleichen, und wie dort die Stimme des Vortragenden zwar den Wert der Dichtung nicht beeinflussen wird, wohl aber den Eindruck, welchen dieselbe auf empfängliche Zuhörer macht, ebenso wird der Eindruck des einfarbigen Bauwerkes ganz wesentlich von der Farbe des Materials abhängen. In noch weit höherem Grade aber ist dies der Fall, wo verschiedenfarbige Materialien kombiniert werden, wo daher die Farbe von wesentlichstem Einfluß bei der Wahl des Materials ist. Auch die Wahl der Konstruktion wird durch die Farbe beeinflusst, weil ihr die Aufgabe zufällt, die Teile so anzuordnen, daß die Farben der verschiedenen Materialien in ein richtiges harmonisches Verhältnis zur Idee des Baues kommen. Auf die Gliederung hat die Farbe Einfluß, da die Schattenwirkung bei helleren Materialien eine stärkere ist als bei dunkleren, bei matteren Farben eine stärkere als bei grellen, so daß die Gliederung keineswegs für alle Farben der Materialien eine gleichmäßige sein kann, selbst vorausgesetzt, daß

außer der Farbe alle übrigen Eigenschaften der Materialien vollkommen gleiche wären.

Wie aber die Urform des Materials mancher Bearbeitung bedarf, wie sie erst in eine Kunstform gebracht werden muß, die architektonischen Ausdruckes fähig ist, so genügt auch die natürliche Farbe nicht immer zur Darstellung eines bestimmten architektonischen Gedankens; es muß eine Färbung eintreten, in deren Wechsel bei einzelnen Konstruktionsteilen sich ebenso eine Gliederung ergibt wie durch die Mannigfaltigkeit der Formen. Man kann durch Färbung den Unterschied von schwer und leicht, demgemäß von „tragend“ und „getragen“ entschiedener betonen; man kann durch die Farbe mildern, wo die Form zu schroff erscheint; man kann trennen, wo die Formen nicht genügend auseinander gehen; nie aber darf man den Eindruck aufheben, welchen die Form macht.

Das hauptsächlichste Gebiet für die Farbe ist das der Ornamentik, der Verzierung überhaupt. Die Farbe kann mit ihrer reichen Wirkung die Flächen beleben, ohne sie als solche aufzuheben; sie kann zugleich, allerdings nur mit Hilfe der Zeichnung, jeden Gedanken leicht aussprechen, wenn sie den Gegenstand ihrer Verzierung aus dem weitesten Gebiete der Erscheinung und Phantasie wählt.

In der Architektur kann aber die Farbe nie einen Ersatz für die Form bilden. Wenn die Architektur überhaupt nach denselben Grundätzen schaffen soll wie die Natur, soweit Menschenkraft dies zu erfassen vermag, so würde der Ersatz der Formen durch Farbe ein Fehltritt sein, weil die Natur keine Surrogate, keine Fälschungen kennt. Wenn auch mit Hilfe der Zeichnung die Farbe durch Aneinanderreihen der unendlich vielen Nüancen, über welche sie verfügt, den Schein erwecken kann, als seien Formen, von welchen das Licht in der mannigfaltigsten Weise zurückgelrahlt wird, dort vorhanden, so hat solcher Schein in der Architektur keine Berechtigung. Das Bauwerk ist ein körperlich greifbares, gleich den Einzelwerken der Natur, und wenn uns das Licht auch eine Reihe von solchen natürlichen Werken, zu einem Bilde vereinigt, im Auge wieder spiegelt und somit auf eine Fläche die ganze Wirkung von Form und Farbe perspektivisch projiziert, so ist doch damit nur der Eindruck von vielen Einzelheiten auf unser Auge wiedergegeben, nicht aber deren tatsächliches Aussehen.

Wohl hat auch die Natur die wenigsten ihrer Geschöpfe einfarbig ausgestattet; sie verwendet den reichsten Farbensmuck in umfassendster Weise. Aber sie setzt Farbe neben Farbe nicht in der Absicht, den Gegenstand anders geformt erscheinen zu lassen, sondern durch harmonische Wirkung der verschiedenen Färbung das Auge zu erfreuen. In der Harmonie der verwendeten Farben aber ist wiederum die Natur unser unerreichbares Vorbild. Wer vom Reichtume der Farbe solch harmonische Anwendung zu machen versteht wie die Natur beim Gefieder des Pfauen oder dem Staube der Schmetterlingsflügel, er wäre der größte Meister unter allen, welche je den Reiz eines Bauwerkes durch den Zauber der Farbenpracht gehoben haben!

Geschichtlicher Teil.

XII.

Wir haben in vorstehenden Betrachtungen versucht, die gesamte Theorie der Gestaltung des baukünstlerischen Schaffens zu untersuchen und festzustellen. Wir

haben auf Vorführung aller Beispiele verzichtet. Wir haben die Theorie aufgestellt als ob noch nie ein Bauwerk errichtet wäre, als ob wir erst die Theorie aufzuteilen hätten, um durch dieselbe jedem Schaffenden einen Anhaltspunkt und Leitfaden zu gewähren. Wir finden aber die Erde bedeckt mit Baudenkmalen aller Art. Hat nun die aufgestellte Theorie zuerst bestanden? Sind alle Werke nach den Grundätzen errichtet, welche diese Theorie uns vorschreibt? Würde diese Theorie, auch wenn wir sie noch bis in die letzte Einzelheit erschöpfend aufstellen wollten, einen jeden befähigen, an ihrer Hand jedes Bauwerk in vollendeter Weise zu gestalten? Gewiß nein! Würde es in der Tat auch nur möglich sein, eine Theorie der Architektur aufzuteilen, wenn nicht die Architektur bereits einen hohen Grad der Entwicklung erreicht hätte? Sicherlich nicht! Der Begriff entwickelte sich hier mit der Sache selbst, und erst, nachdem Tausende tätig waren, mit Aufwand an Verstand und Gefühl die Einzelfragen, die in jeder Aufgabe liegen, zu prüfen und zu beantworten, ihre Lösung aber durch die praktische Betätigung anderen zu überliefern, konnte der Gedanke kommen, den geistigen Schatz zu ordnen, welcher durch die praktische Betätigung geschaffen war; konnte daran gedacht werden, zu prüfen und zu vergleichen, wieviel Übereinstimmendes in den tausendfältigen praktischen Antworten liege, welche die tätigen Baumeister auf die Frage nach Zweck und Begriff der Architektur gegeben; endlich zu untersuchen, wie auch durch Nachdenken, durch Weiterentwickeln eines Begriffes aus dem anderen sich eine Theorie der Baukunst feststellen lasse, an deren Hand wiederum geprüft werden kann, wie weit die einzelnen Meister ihre Aufgaben in jedem Einzelfall richtig gelöst haben. Zu solcher Prüfung dient zunächst auch die Theorie. Sie erfüllt vorzugsweise ihren Zweck in der Selbstprüfung. An der Hand der Theorie mag der bewährte Meister, bevor er seine Gedanken verkörpert, deren Richtung prüfen; die Theorie mag dem Jünger den Weg zeigen, welchen er wandeln muß, sie mag ihn vor Abwegen bewahren; sie kann seine Phantasie regeln, ihn gewöhnen, neben Phantasie und Gefühl in allen Fragen auch den Verstand zu Rate zu ziehen, um als Künstler das Höchste zu leisten. Zum Künstler kann ihn die Theorie nie machen; zum Künstler macht ihn das Talent allein. Zum Techniker macht ihn die Erfahrung. Die Erfahrung Anderer zu benutzen, mit ihr ausgerüstet die Praxis zu betreten, befähigt den Techniker die Lehre. Sie ist auch dem Künstler nötig; keiner würde ein großes Ziel erreichen, wenn er nicht die Werke anderer um sich sähe, wenn er nicht an ihnen lernte. Das Richtige aus ihnen zu lernen, befähigt ihn die Theorie. Volles Verständnis für dieselbe wird deshalb aber auch nur der erhalten, bei welchem sie Körper gewinnt durch die Beispiele, die er tausendfältig aufgerichtet sieht, und diejenigen, welche er selbst zu schaffen und zu bilden die Fähigkeit in sich trägt und den Drang in sich fühlt. Die Theorie wird nur der wahre Künstler richtig erfassen; nur er wird ihren Wert und ihre Bedeutung erkennen; nur in ihm wird sie lebendig werden können. Der Jünger, welcher zum wirklichen Künstler angelegt ist, wird durch die Ausbildung nur nach und nach in sich auch den Drang erwecken, die Theorie zu erkennen, wird sich durch Kunstbildung zur Erfassung vorbereiten, bis er sie mit Bewußtsein in sich fühlt und von ihr geleitet wird, selbst wenn er nicht an sie denkt, weil sie in ihm lebendig geworden ist, wenn er Meister geworden. Es vollzieht sich beim Einzelindividuum derselbe Gang wie bei der gesamten Menschheit: Sinn und Verständnis für die Theorie entwickelt sich und wächst mit der Kunstübung.

Der Sinn für rationelle, auf die Theorie begründete Handhabung der Archi-

tekturformen ist allerdings nicht jedem Künstler in gleichem Grade eigen, wie er auch nicht in jedem Volke gleichhoch entwickelt war. Nur bei jenen Völkern konnte er sich vollständig ausbilden, wo der Sinn für Gesetzmäßigkeit alle geistigen Regungen beherrschte, wo er die Grundlage des sozialen, wie des Staatslebens bildete. Wir dürfen in der Tektonik, wie sich dieselbe theoretisch gesetzmäßig entwickeln läßt und wie sie auch da sich ausbildet, wo man nicht über den Zusammenhang der einzelnen Thesen gegrübelt hat, eine Analogie mit den grundlegenden Kräften der Natur um ihrer Gesetzmäßigkeit willen erblicken. Aber der Mensch unterwirft sich nicht allenthalben den Naturkräften; wo sie ihm hindernd in den Weg treten, lehnt er sich gegen dieselben auf und sucht ihre Wirksamkeit zu verringern, so auch oft genug bezüglich der rationellen Gestaltung der Architektur. Wie der Einzelne sich nicht allenthalben ihr fügt, so konnte auch der Entwicklungsgang der Architektur keineswegs bei allen Völkern, noch bei anderen zu allen Zeiten sich auf die oben aufgestellten Grundsätze stützen. Mit der wertvollen Erfahrung, welche sich von einem zum anderen forterbt, vererbten sich die Irrtümer, und die sich ausbildende Tradition ist naturgemäß eine ganz andere da, wo der Sinn für Ordnung und Gesetzmäßigkeit, als wo allein der Drang nach Abwechslung und ungezügelter Willkür denselben beherrschen. So zeigt uns auch ein Blick auf die Geschichte der Baukunst nicht bloß Verschiedenheiten der Formen Sprache in den verschiedenen Kulturepochen, sondern auch der Grundlage, worauf dieselbe beruht. Nicht immer ist es die rationelle Tektonik allein, welche tatsächlich die Grammatik der Formen Sprache festgestellt hat; selbst bei den am meisten gesetzmäßig organisierten Völkern ist die Auffassungskraft nicht so unfehlbar, daß die Art der Auffassung allenthalben die gleiche wäre; es zeigt sich im Gegenteil eine solche Mannigfaltigkeit, daß die Betrachtung der geschichtlichen Entwicklung der Baukunst für jeden Denkenden hochinteressant ist.

XIII.

Die Menschen, welche zuerst begannen, der Natur gegenüberzutreten, dieselbe sich dienstbar zu machen und gegen ihre Unbilden sich zu schützen, welche die erste Grundlage der Kultur legten, hatten der Architektur noch keine großen Aufgaben zu stellen, und es dauerte lange, bis die geistige Entwicklung soweit gediehen war, daß jene großartigen Monumentalbauten Bedürfnis wurden und entstehen konnten, welche die höchste Aufgabe der Architektur bilden. Auch ging diese Entwicklung keineswegs allenthalben gleichzeitig vor sich, und während die Geschichte uns manches Jahrtausend zurücksehen läßt, um bei einzelnen Völkern schon jene hohe Entwicklung der Kultur zu finden, welche der Architektur die großartigsten Aufgaben zu stellen hatte, finden wir andere selbst heute noch auf einer Stufe, welche zu monumentaler Betätigung nicht drängt. Meist allerdings geht mit dem Eintreten eines Volkes in die Geschichte auch die monumentale Betätigung Hand in Hand.

Unter den verschiedenen Bedingungen, von denen die Entwicklung der Kultur eines Volkes bis zu dieser hohen Stufe abhängig ist, ist eine der wichtigsten das Land und seine natürliche Beschaffenheit. So sehen wir als das erste Volk, welches die Geschichte uns auf einer hohen Stufe der Entwicklung zeigt, welches sich in großartigen Monumentalwerken betätigte, das eines von der Natur begünstigten, glücklichen Landes, der Nordostküste von Afrika, wo schon vor mehr als 4000 Jahren das merkwürdige Volk der Ägypter eine gelicherte staatliche Existenz

begründet hatte und das erste unter allen in Wissenschaft und Kunst eine solche Stufe erreicht hatte, daß es den Drang in sich trug, seine Gefühle und Gedanken in großartigen Werken zu verkörpern. Die Geschichte dieses Volkes reicht in die graueste Vorzeit hinauf, ohne daß wir verfolgen könnten, welche Vorstufen und in welchem Zeitraume es sie durchgemacht hat, um schon so früh auf jener Stufe zu stehen, auf welcher wir daselbe sein Land mit den ältesten Monumentalbauten füllen sehen, die heute noch erhalten sind. Wenn wir die große Stabilität und den langsamen Entwicklungsgang bedenken, welchen das Volk in geschichtlicher Zeit genommen, so muß es außerordentlich lange Zeit gebraucht haben, bis es auf so hoher Stufe in die Geschichte eintreten konnte. Die Forschung hat in unseren Tagen auch auf Ägyptens Boden jene primitiven Steinwerkzeuge aufgedeckt, welche allenthalben Zeugnisse der ältesten Kulturtätigkeit des Menschen sind, ohne daß bis jetzt mit Sicherheit sich hätte nachweisen lassen, welche Zeit jedes Volk gebraucht hätte, um von dieser Stufe auf eine höhere zu gelangen. Wenn wir aber zum mindesten in Europa Anhaltspunkte dafür finden, daß die Entwicklung sich unter fremdem Einflusse vollzogen, so läßt sich für Ägypten kein Volk nachweisen, welches dort hätte auf die Urbewohner anregenden Einfluß ausüben können. Schon fast 3000 Jahre vor Chr. war *Menes* aus This im oberen Lande gekommen, hatte als Sitz seiner Herrschaft die Stadt Memphis erbaut, sie mit Tempeln und Palästen ausgestattet und großartige Wasserbauten errichtet, um das Land kulturfähig zu machen. Wenn auch keine Bauten mehr vorhanden sind, die als von ihm errichtet nachgewiesen werden könnten, so haben wir doch in den Pyramiden, welche, in der Nähe des alten Memphis aufgebaut, in das Niltal herabblicken, Werke, die nahezu in den Beginn des dritten Jahrtausends fallen und noch von der ersten Dynastie errichtet sind, welche Ägypten beherrschte. Die größten derselben gehören der vierten an und können als Werke der ersten Kulturblüte Ägyptens bezeichnet werden. Sie sind Grabdenkmäler der Könige, die gewaltigsten Grabstätten der Welt. Während andere Völker sich mit Hügeln begnügten, die aus Erde über den Leichen ihrer Angehörigen errichtet wurden, so haben die Ägypter jene gewaltigen Massen aus Steinen aufgebaut, denen die Zeit nichts anzuhaben vermochte, und die wohl noch unverändert ständen, hätte nicht die Menschenhand das Werk der Zerstörung betrieben. In ziemlich stumpfem Winkel, wenig mehr als 45 Grad, erhebt sich, teils aus Backsteinen, teils aus großen Quadern errichtet, die Baumasse auf quadratischer Basis, welche bei der größten Pyramide 250 m Länge hat, bis zu einer Höhe von 150 m. In ihrem Kerne sind nur kleine enge Grabkammern. Es zeigt sich zwar, daß diese großen Werke nach und nach entstanden; um eine kleinere Pyramide, welche als Kern diente, ist eine zweite und dritte Umhüllung gelegt; aber es mußte schon früh eine hochentwickelte Technik zu Gebote stehen, wie sie unbedingt nur in einem streng geordneten Staatswesen sich ausbilden konnte, welches auch über große Menschenmassen verfügte, die infolge der Ordnung solchen Werken ihre Kräfte leihen konnten, während andere für den Unterhalt derselben arbeiteten, andere die Sicherheit gewährleiteteten, andere denkend die Kultur vervollkommneten und auch die Massen der Arbeiter lenkten.

Heute finden wir die Pyramiden, etwa 40 an der Zahl, verschieden an Größe, auf einer Strecke von etwa 8 Meilen in Gruppen vereint, den Fuß vom Sand der Wüste bedeckt, welche sich hierher ausgedehnt, seit nicht mehr ein energisches Staatsleben, wie ehemals, durch Aufwand der Menschenkräfte jenen der Natur Halt gebot. Aber noch machen sie, wenn auch ihrer Bekleidung von glänzendem

Granit beraubt, wenn auch teilweise des Materials wegen zerstört, unter dem tiefblauen Himmel einen Eindruck, der fast mächtiger ist, als ihn Berge hervorbringen vermöchten. In der Tat großartige Bauten sind es, welche die Schwelle der Architekturgefchichte bilden! Aber ihre Form ist die einfachste, urtümlichste. Mit den Pyramiden verbanden sich indessen ehemals noch mächtige andere Bauten, die bereits entwickelte Architekturformen haben und somit zeigen, daß die großartig einfache Gestalt der Pyramiden keineswegs einer Periode mangelnden Formenfinnes entflammt, sondern daß dieselbe als Reminiszenz an Werke einer noch früheren Zeit sich erhalten hat. So erhebt sich noch jetzt das gewaltige Haupt einer kolossalen Sphinx bei den Pyramiden von Gizeh aus dem Wüstenlande, welches auf fast 25 m Höhe und mehr als 40 m Länge der Figur schließen läßt. Auch andere Gräber, unscheinbar jenen Riesen gegenüber, wohl Privaten angehörig, schließen sich jenen gewaltigen Pyramiden an, und es gewinnt den Anschein, als ob nach großem Plan angelegte Totenstädte sich ursprünglich um diese großartigen Mittelpunkte gruppiert hätten. So bedeutend auch diese Kultur war, so vollzog sie sich doch nicht unbedingt gleichmäßig, und der Blüte unter den ersten Dynastien sehen wir eine abermalige erst unter der zwölften folgen, als nahezu ein Jahrtausend verfloßen war. Aus ihr rühren die Felsgräber von Beni-Hassan her, die im Gegensatz zu den Pyramiden in den natürlichen Fels gehauene Kammern sind, vor deren Äußerem sich ein Säulenportikus in zwar urtümlichen, aber doch verständnisvoll gegliederten Formen erhebt.

Das großartige Staatswesen der Ägypter zeigte sich aber nicht mächtig genug, als der Wohlstand des Landes etwa 2000 Jahre vor Chr. Fremde gereizt. So hoch es seine Kultur erhoben, genügte seine Wehrkraft nicht, als asiatische Volkstämme, die Hyklos, in das Land einbrachen; dasselbe ward ihnen zur Beute; sie vernichteten mit der Unterjochung der Bevölkerung die alte Kultur; mindestens drängten sie dieselbe während ihrer mehrhundertjährigen Herrschaft in einzelne Gegenden zurück. Um 1600 vor Chr. unternahm unter der achtzehnten Dynastie das einheimische Volk die Befreiung des Landes von der Fremdherrschaft, stellte schon während dieser Kriege die alten Heiligtümer wieder her, erhob Theben in Oberägypten zum Sitze der Herrschaft und stattete dieses mit den glänzendsten Denkmälern aus. König auf König, Geschlecht auf Geschlecht wetteiferten in der Herstellung von Bauten, und schon nach 200 Jahren unter den letzten Königen der achtzehnten und den ersten der neunzehnten Dynastie hatte Ägypten nach siegreichen Kriegen, nach welchen es der damals bekannten Welt gebot, den Höhepunkt seines Glanzes erreicht, von dem uns heute noch Tempel, Königspaläste und Gräber Kunde geben, während großartige Wasserbauten, Teiche, Kanäle ebensowie Straßen uns zeigen, daß die Sorge auch für das materielle Wohl neben jener Pflege des Idealismus die damalige Zeit beschäftigte.

Die Formen der Architektur haben sich am Tempelbau entwickelt. Die Tempel sind in ihrer Anlage und Größe je nach der kultlichen Bedeutung verschieden. Charakteristisch für die Anlage ist ein Pylonenvorbau, d. h. zwei pyramidal aufsteigende, wenig tiefe Türme, zwischen denen sich eine gewaltige Türöffnung befindet. An denselben standen Masten mit Fahnen, die sie überragten; vor ihrer äußeren Front lehnten sich sitzende Kolossalfiguren; vor diesen standen schlanke Obeliken; Reihen von Löwen-, Widder- oder Sphinxgestalten bildeten den Zugang. Hinter den Pylonen erstreckte sich ein Vorhof, rings von einfachen oder doppelten Säulenhallen umgeben. Dann folgte das Heiligtum, aus mehreren ineinander gehenden, meist fensterlosen Räumen bestehend, deren Decken

teilweise von Säulen getragen sind. Bei großartigen Tempelanlagen sind mehrere Vorhöfe mit Pylonen aneinandergereiht; um das Sanktuarium liegen wieder Höfe, hinter denen abermals andere Sanktuarien sich erheben. Die Säulen sind aus mächtigen Steintrommeln aufgeschichtet. Die Kapitelle, verschiedenartig gebildet, haben teils die Form eines geschlossenen, teils eines offenen Blumenkelches. Mächtige Steinbalken liegen von Säule zu Säule auf niedrigen, vierseitig prismatischen Auflägen; große Steinplatten bilden die Decke, zugleich außen die Plattform, zu der Treppen in die Höhe führen. Sämtliche Außenmauern verjüngen sich nach oben; die Kanten sind von Rundstäben eingefasst; eine große Hohlkehle bildet das Gefims. Die Steine, aus denen es hergestellt ist und die auf den Deckplatten liegen, bilden eine Brustwehr für die obere Plattform. Alle Wände, die Fläche der Säulen, die Architrave und Gefimse im Inneren und Äußeren sind mit Malereien und bemalten Flachreliefs bedeckt, in denen teils die Lehren der Symbolik und Mythologie vorgetragen, teils die Geschichte, teils das öffentliche, häusliche und gewerbliche Leben der Nation in reicher, streng der Grundform sich anschließender Weise dargestellt sind. Die Gemälde und Skulpturen sowohl, als die Ornamentik, welche dieselben verbindet, und die Hieroglyphenschrift bilden eine ungemein lebendige Dekoration, welche zugleich dem Charakter der Fläche als solcher vorzüglich angepaßt ist.

Das hervorragendste Werk jener Blüteperiode, das Hauptheiligtum von Theben, ist der Tempel, in dessen Nähe sich heute das Dorf Karnak angeliedelt hat. Er hatte einen doppelten Pylonenbau. Vor demselben erbauten nun König *Seti I.* und sein Sohn, der große *Ramses II.*, noch einen Säulensaal von 100 m Breite und ungefähr 50 m Tiefe. Zwölf riesige Säulen von 20 m Höhe und 3 m Durchmesser bilden einen erhöhten Mittelgang. Einundsechzig Säulen zu jeder Seite von 12 m Höhe tragen die Decke der niedriger angelegten Seitenteile des Saales, während das höher angelegte Mittelschiff Oberfenster hat. Die Balken, welche von Säule zu Säule liegen, haben eine Länge von 7 m, eine Breite von $1\frac{1}{3}$ m und eine Stärke von nahezu 2 m; je zwei bilden nebeneinander gelegt einen Architrav; die darüberliegenden, die Decke bildenden Platten haben $8\frac{1}{2}$ m Länge, über 1 m Breite und Stärke. Es sind also gewaltige Steinblöcke hier auf beträchtliche Höhe gehoben. Wie klein erscheint der einzelne Mensch diesen Massen gegenüber! Vor dem Säulensaale wurde ein Vorhof mit Säulenhallen zu beiden Seiten angelegt, während ein mittlerer offener Säulengang zum Eingange führte. Ein abermaliger Pylonenbau, zu dem eine doppelte Sphinxreihe führte, bildete den neuen Abschluß. So hatte die ganze Tempelanlage eine Länge von 320 m.

Ähnlich disponiert, wenn auch in den Maßen teilweise demselben weit nachstehend, sind sämtliche Tempelanlagen, von deren hervorragendsten wir noch jenen bei dem heutigen Dorfe Luxor stehenden nennen, an welchem gleichfalls *Ramses II.* einen neuen Vorhof mit Pylonenbau errichtete. In die Zeit desselben Herrschers fällt auch die Errichtung der aus dem Felsen gehauenen Grottentempel zu Nubien, insbesondere der bekannten Fellentempel von Iblambul, deren größerer vor seiner Front vier sitzende Gestalten von 19 m Höhe zeigt, welche alle vier Bildnisse desselben Herrschers sind, während dessen Regierung nicht nur im weiten Reiche die großartigsten Denkmäler errichtet wurden, sondern der auch allenthalben, wohin ihn seine Siegeszüge geführt, Denkzeichen aufgerichtet hat.

Ungefähr 500 Jahre noch dauerte des Reiches Macht; da erlag Ägypten den Äthiopiern, denen es früher schon seine Kultur mitgeteilt hatte, und welche nun

falt ein Jahrtausend die Herrschaft führten. Zwölf Fürsten traten nach deren Beendigung als selbständige Beherrscher der verschiedenen Provinzen auf, welche sich zu einem Bunde vereinigten und als Bundesheiligtum das viel gefeierte Labyrinth erbauten, das 12 bedeckte Höfe und 3000 Gemächer hatte. Einer der zwölf Herrscher, *Pfammetch*, überwand im Jahre 670 vor Chr. die übrigen und stellte die Einheit des Reiches wieder her. Er verlegte die Residenz nach Saïs. Während der hundertjährigen Herrschaft der Pfammetische, der sechsundzwanzigsten Dynastie, hatte Ägypten eine neue, glänzende Zeit. Auch *Amafis*, der Begründer der siebenundzwanzigsten Dynastie, war bemüht, seine Regierung durch prächtige Denkmäler zu verherrlichen. Aber schon unter seinem Sohne *Pfamenit* wurde im Jahre 525 Ägypten vom Perlerkönige *Kambyfes* erobert, der das Land durchzog, zerstörte und vernichtete, was sich an Denkmälern vernichten ließ. Er brach nicht nur Ägyptens Macht, er suchte seine Kultur zu zerstören. Doch, wenn auch gebrochen, widerstand sie, und des Siegers Nachfolger bezeichneten ihre Herrschaft über Ägypten gleich den äthiopischen Königen durch national-ägyptische Monumente. Die Selbständigkeit des Reiches war dahin. *Alexander d. Gr.* verleibte Ägypten seinem Reiche ein. Seine Nachfolger, die Ptolemäer, griechische Fürsten, waren hellenischer Bildung untertan; unter ihnen erblühte Alexandrien zu einem Mittelpunkte; allein sie vergönnten gleich ihren Nachfolgern, den Römern, der ägyptischen Kultur ihre Existenz, und diese war mächtig genug, selbst unter der Weltherrschaft der Römer und über sie hinaus neben der klassischen Kunst, die, wie allenthalben, auch in Ägypten ihre Stätte fand, sich selbst treu zu bleiben und den Baudenkmalern den alten Charakter im wesentlichen zu erhalten, bis der Islam mit der klassischen auch die altnationale Kunst zerstörte. Dieser Spätzeit, in welcher mancherlei spielende Einzelformen fremde Einflüsse bekunden, gehören die Denkmäler zu Philä, Edfu, Esneh, Dendera u. a. an.

Was der ägyptischen Architektur noch in dieser Spätzeit das charakteristische Gepräge gibt, ist der Eindruck ruhiger, ernster, majestätischer Größe, der nicht ausschließlich von den Dimensionen abhängt. Es ist vor allem die Charakteristik der Gesamtformen und die innere geschlossene Harmonie der einfachen Linien, in denen der Ausdruck eines unerschütterlich festen, selbstbewußten, klar ordnenden Geistes sich ausspricht, der das Resultat einer altbewährten, lange mit Bewußtsein fortgeerbten Tradition mit demselben Bewußtsein aufnimmt und weiter zu überliefern bemüht ist. Es ist die Übereinstimmung mit der natürlichen Umgebung, dem reinen Himmel und den großen Linien der Landschaft, so daß die Wärme des Lichtes, das über Natur und Kunst sich ergießt, jene Bauwerke wie durchgeleuchtete Naturgebilde erscheinen läßt, größer als Naturgebilde, weil sie uns den Geist des Menschen in seiner ganzen Größe zeigen. Zwar ist jeder Teil, jede Sphinx, jeder Obelisk, jede Säulenhalle selbständig; aber sie wollen doch alle nur Teile des großen Ganzen sein. Es spricht sich der ganze Geist des ägyptischen Volkes darin aus, der auch im ägyptischen Staatsleben denselben großartigen Ausdruck gefunden. Kein Individuum war etwas anderes als ein Atom, ein bestimmter Teil eines mächtigen, gewaltigen Ganzen. Jedem war aufs genaueste und unabänderlichste seine Aufgabe im Organismus des Ganzen vorgezeichnet, als dessen Teil sich jeder fühlte, an dessen Größe jeder Anteil nahm. Und wie Stein auf Stein sich zu einer mächtigen Mauer fügte, die Jahrtausende trotzte, so fügte sich, innerlich überzeugt, Mann an Mann, um die großen Zwecke des Staates zu erfüllen, sei es als Krieger, um das Reich zu erweitern, sei es als friedlicher Arbeiter, deren Tausende und Abertausende einem Geiste untergeordnet die

gewaltigen Monumente schufen, zur Zierde und zum Stolze des Ganzen. Der Geist der Nation strengster gesetzmäßiger Ordnung hat die Werke geschaffen, nicht die Despotie der Pharaonen, die keine Dauer hätte haben können, wäre sie nicht der Ausdruck des großartigen Sinnes für Gesetzmäßigkeit gewesen, der alle beherrschte, vom Könige bis selbst zu jenem verachteten Genossen der niedrigsten Kaste, welche noch wie alle anderen bestimmte Teile der Arbeit zu besorgen hatte, die zum Leben der Nation nötig war, deren Leitung in der Hand der höchsten Kaste lag, jener, die im Besitze der Intelligenz war und mit derselben den Staat wie die nationale Arbeit leitete.

XIV.

Die Bibel lehrt uns allerdings die Pharaonen und das ägyptische Volk als Tyrannen kennen, weil auch die Israeliten an den nationalen Denkmälern des Landes arbeiten sollten, dessen Glieder sie geworden waren, während sie tatsächlich doch so verschiedenen Geistes waren, daß der Sinn für monumentale Betätigung ihnen fernliegen mußte. Das Volk, welches, als es selbständig geworden war, ein Zelt zum Nationalheiligtum erhob, konnte doch keinen Sinn haben für die Verkörperung der Macht und Größe des Staates durch monumentale Werke, noch Freude daran finden, den Göttern, die es nicht als die feinigsten anerkannte, großartige Tempel zu bauen. Indessen waren weder das israelitische Volk, noch die Staaten und Reiche stammverwandter Völker in der Lage, der Architektur entbehren zu können; vielmehr finden wir auch in Vorderasien eine hochentwickelte Kultur, welche der Baukunst großartige Aufgaben stellte. Die Grundlage dieser Kultur geht wohl gleich der ägyptischen bis in die graueste Vorzeit hinauf. Aber doch später erst entwickelte sich der Kunstbau in jenen Gegenden, und wohl sicher erst unter dem Einfluß der ägyptischen Bauten zu wirklich monumentaler Durchbildung, wenn auch frühe schon mächtige Bauunternehmungen gemeldet werden.

Das 10. Kapitel der Genesis führt den *Nimrod* als Urenkel des Patriarchen *Noah* an, „der fing an, ein gewaltiger Herr zu sein auf Erden“. „Und der Anfang seines Reiches war Babel“ im Lande Sinear. „Von dem Lande ist danach gekommen der *Affur* und baute Ninive und Rehoboth, Ir und Kalah, dazu Reffen zwischen Ninive und Kalah. Dies ist eine große Stadt“. Der biblische Bericht führt uns nach Mesopotamien, in die Ebene am Euphrat und Tigris, ein Land, ähnlich von der Natur begünstigt, ähnlich organisiert wie Agypten, ein Land, das also ein Nomadenvolk, welches sich sesshaft machen und der Kultur zuwenden wollte, fesseln mußte. Freilich bot es nicht allenthalben jene gewaltigen Steinblöcke, aus denen die Ägypter ihre Denkmäler errichteten. Das 11. Kapitel der Genesis sagt daher: „Da sie nun zogen gegen Morgen, fanden sie ein ebenes Land im Lande Sinear und wohnten daselbst und sprachen untereinander: Wohlauf, laßt uns Ziegel streichen und brennen. Und nahmen Ziegel zu Stein und Ton zu Kalk und sprachen: Wohlauf, laßt uns eine Stadt und Turm bauen, deß Spitze bis an den Himmel reiche, daß wir uns einen Namen machen; denn wir werden vielleicht zerstreut in alle Länder.“

Die biblische Chronologie nimmt den Beginn des zweiten Jahrtausends als die Zeit *Nimrod's* und der Gründung des chaldäischen Reiches an. Auch die griechische Tradition stimmt darin überein und nennt Ninive oder Ninus, ein Werk des gleichnamigen Königs, als die älteste Stadt, *Semiramis*, seine Witwe,

als Begründerin von Babylon und Erbauerin des Belustempels, der mächtigen Mauern und der Burg jener Stadt, der hängenden Gärten und anderer Werke, welche *Herodot* noch gesehen haben will, während er doch wohl zum mindesten nur spätere Erneuerungen sah. Es würde jedoch gewagt sein, von den Resten, die sich erhalten haben, irgend etwas in diese Frühzeit zu setzen und dem chaldäischen Reiche zuzuweisen. Wenn die Blütezeit des chaldäischen Reiches in die erste Hälfte des zweiten Jahrtausends fällt, so mögen etwa im Schlusse des dritten die Stämme, welche bis dahin nomadierend durch das Land gezogen, sich zum Teile festgesetzt haben, vielleicht unter Vertreibung anderer von ihren Stätten, und die Einwanderung der Hyklos in Ägypten mag damit im Zusammenhange gestanden haben. Es ist für die Architekturgeschichte ohne Belang, zu untersuchen, wie weit die verschiedenen Völker und Stämme, welche uns die Geschichte in Vorderasien anfällig zeigt, stammverwandt waren; wir finden eine gemeinsame Kultur, welche allerdings, von Volk zu Volk sich übertragend, eine weit sichtbarere und raschere Entwicklung der Architekturformen zu Stande brachte, als das stabile Ägypten.

Um dieselbe Zeit etwa, als die Chaldäer sich in Mesopotamien festsetzten, nahmen die Phöniker an der Küste des heutigen Syrien, bald darauf die Israeliten in Palästina Sitz. In allen Künsten erfahren, insbesondere in der Bearbeitung des Holzes, in der Goldschmiedekunst und im Erzguß, werden die Phöniker uns auch als die Werkleute der Israeliten vorgeführt, und wir erfahren, daß gegenüber dem monumentalen Ernst der ägyptischen Bauten eine phantastische Mannigfaltigkeit die Charakteristik der Bauten bildet, welche zum Teile von Holz mit Metallbekleidung ausgeführt sind. Wir lesen von Anwendung des Zedernholzes zu den Konstruktionen, von Getäfel aus Zypressen, von Teppichen als Behang der Wände oder Überkleidung der letzteren mit Goldblech, von ehernen Säulen und elfenbeinernen Bänken. Aber von all der Herrlichkeit phönikischer Tempel, wie vom Staatsheiligtume der Israeliten, das *Salomo* kurz vor dem Jahre 1000 erbaut, ist nichts übrig geblieben als mächtige Unterbauten aus sorgfältig gefügten Quadern die möglichenfalls selbst späterer Zeit angehören, ohne charakteristische Einzelformen, Reste jedoch, in welchen sich kaum mindere Energie auspricht als in den Werken der Ägypter, deren gewaltige Bauten sicherlich die Anregung zu solcher monumentalen Betätigung in Asien gaben. Der in die Höhe strebende Aufbau, welchen diese Unterbauten trugen, blieb immer das Abbild des Zeltes, das bei der Wanderung der Stämme deren Heim gebildet hatte, und da es in wenig monumentaler Weise durchgeführt war, konnte uns davon nichts bleiben.

Größere Reste sind uns von den Werken erhalten, welche etwa um das Jahr 1000 vor Chr. und die nächsten Jahrhunderte die Assyrer errichtet. Die Bibel gibt uns durch den Mund des Propheten *Jonas* Mitteilungen über die großartigen Bauten Ninives, dessen Umfang drei Tagreisen gehabt und dessen Mauer nach griechischen Berichten 1500 Türme zählte. Man hat in neuerer Zeit die großen Trümmerhaufen durchforcht und Reste von Palastanlagen gefunden, deren Inschriften uns die Erbauungszeiten und die Namen der Herrscher, welche sie errichtet, nennen. Um mehrere Höfe gruppieren sich Hallen und kleinere Gemächer; Terrassenanlagen schließen sich ringsum an. Die Überdeckung der Räume geschah teilweise durch Tonnengewölbe, teilweise durch Kuppeln, wie die Relieftafelungen von Gebäuden uns erkennen lassen. Einzelne zeigen auch Lichtgalerien, durch welche wohl die mit einer Holzkonstruktion überdeckten größeren Räume unmittelbar unter der Decke beleuchtet wurden, während die

schmalen und gewölbten Räume ihr Licht bloß durch die Türen oder durch Öffnungen im Gewölbe erhielten. Wir haben vielleicht anzunehmen, daß die Gebäude auf der Hauptterrasse nur ein Gefchoß zeigen, dessen einzelne Teile verschieden hoch zu einer Gruppe sich vereinigten. Es mag mangelhafte Perspektive der Reliefs sein, welche uns mehrgefchoßige Bauten zu zeigen scheint. Solche treten uns allerdings in den Stufenpyramiden entgegen, welche als Tempel und Grab bei den Palästen sich erheben und für welche die Siebenzahl der Stockwerke charakteristisch war.

Bemerkenswert der ägyptischen Architektur gegenüber ist der Gewölbebau und die Verwendung des Halbkreisbogens für die Konstruktion der Portale. In der äußeren Ausstattung treten uns jedoch, ähnlich wie bei den Ägyptern, die umfassende Verwendung der Farben, die Bemalung des Reliefs, die Bekleidung mit farbig glasierten Tonplättchen, sowie figurale und ornamentale Wandmalereien entgegen. Wie sich im Leben einzelne Elemente in Sitten und Gewohnheiten Jahrtausende erhalten, alle Staatenbildungen überdauernd, wie dies insbesondere im westlichen Asien der Fall ist, so zeigen sich auch in der Baukunst, welche diesen Lebensgewohnheiten Ausdruck gibt, einzelne Elemente mächtig genug, die Jahrtausende zu überdauern, zu allen Zeiten in der Baukunst wiederzukehren, weil sie einem im Klima des Landes wurzelnden Bedürfnisse Ausdruck geben, mächtig genug sogar, weil sie, vom Volksgeist aufgenommen, diesem zum Bedürfnisse geworden sind, sich auch andere Gegenden zu erobern, wohin einzelne vom Stamme abgelöste Völkerbruchstücke sich verbreitet oder wo Völker lebten, die ihre Kultur unter dem Einflusse jener vorderasiatischen entwickelten. So können wir den gesamten späteren Gewölbebau, insbesondere den Kuppelbau von diesen Werken der Assyrier ableiten, und heute noch sehen wir im Orient die terrassenförmig bedeckten Gebäude ohne Dach, deren Terrasse teils auf Gebäuden, teils auf Tonnengewölben aufruhet, die Verbindung mit Kuppeln, die Bekleidung mit bunten Tonplättchen, das bunt gemulterte Gewebe nachahmend, welches einst das Zelt des Nomaden bildete, daneben aber auch die umfassende Anwendung hölzerner Bauten, die wir vor 3000 Jahren bei den Assyriern kennen lernen. An einer umfassenden Verwendung des Holzbaues bei denselben können wir um so weniger zweifeln, als wir selbst in der späteren Entwicklungsphase Formen in Stein ausgeführt finden, die ihren Ursprung der Natur des Holzes verdanken, und als die Geschichte uns die Tatsache überliefert hat, daß die mächtigen Städte durch Feuer so gründlich zerstört sind.

Der bedeutendste unter den assyrischen Palästen ist der beim Dorfe Khorfabad aufgegrabene, welcher auf einer Plattform von mehr als 300 m Länge und Breite steht. Eine große Freitreppe an der einen, eine Rampe an der anderen Seite führten zur Terrasse empor. 24 Paare kolossaler geflügelter Stiere mit Menschenköpfen bilden Portale; Steinplatten mit Relieffkulpturen bedecken die Wände. Vom Palaste aus gingen in der Höhe der Terrasse 24 m dicke, mit ihrer Krone die Terrasse fortsetzende, zinnengeläumte Mauern um die Stadt. Aus ihnen sprangen 64 Türme hervor, und 7 Tore gaben Einlaß, von denen 3 mit jenen geflügelten Stieren geschmückt sind, auf deren Köpfe sich Bogen stützen, an deren Stirnseiten farbig glasierte Tonplättchen prangen. Man will in den Ruinen von Nimrud, wo mehrere Paläste gefunden wurden, das alte Kalah erkannt haben. Der Nordwestpalast dafelbst ist durch Inschriften als das Werk des Königs *Affurnasirpal* (923—899 vor Chr.) bezeichnet, der Zentralpalast von seinem Sohne *Salmanassar V.* (899—870 vor Chr.) erbaut. Einen Palast und eine dazu gehörige

Stadt baute *Sargon* (721—702); sie trug feinen Namen Hilir-Sargon. Sein Nachfolger *Sennacherib* (702—680) baute den gewaltigen Palaß von Kujundschik, in welchem man nebst dem großen Trümmerhügel bei Mossul das alte Ninive erkannt haben will. *Affurbanipal* (668—660) erbaute den Südwestpalaß von Nimrud.

Das Schickfal der Zerstörung ließ nicht lange auf sich warten. Schon im Jahre 600 vor Chr. verbanden sich die Bewohner Babylons, welches bis dahin unter assyrischer Herrschaft gestanden und vergebens seine Unabhängigkeit zu erringen gesucht hatte, mit den Medern, stürzten das assyrische Reich und zerstörten Ninive so gründlich, daß man schon wenige Jahrhunderte danach den Ort nicht mehr kannte, an dem es gestanden.

Babylon trat an seine Stelle, von *Nebucadnezar* erneuert, der die Mauern der Stadt neu baute, die der *Semiramis* zugeschriebenen Gärten und den Balsempel, eine Stufenpyramide von etwa 200^m Basis, sich in 7 Abätzen auf derselben gewaltigen Terrasse erhebend, die auch den Palaß trug, errichtete. *Herodot* spricht von einer Breite von 50 und einer Höhe von 200 Ellen, der 12 Meilen langen hunderttorigen Mauer, welche in ihrem Inneren noch eine kleinere von $2\frac{1}{4}$ Meilen Umfang einschloß, die zwei königliche Paläste und einen regelmäßig mit rechtwinkelig sich kreuzenden Straßen angelegten Stadtteil absonderte, dessen Häuser 3 und 4 Stockwerke hatten. Aber auch Babylons Glanz dauerte nur sehr kurze Zeit. Bald wurde es den Medern untertan; 536 eroberten es die Perfer unter *Cyrus*, dessen Nachfolger die Mauern schleiften, den Belustempel zerstörten, dessen Wiederaufbau *Alexander d. Gr.* vergebens versuchte, so daß Babylon Ninives Schickfal bald teilte und verschollen war.

Aber die Meder und nach ihnen die Perfer nahmen den Faden der Kultur auf und entwickelten auch die Baukunst in ähnlichem Sinne weiter, so daß die persische Architektur gleichfalls nur eine weitere Entwicklungsphase der vorderasiatischen, von den Chaldäern begründeten Baukunst ist. Ihre Geschichte beginnt mit *Cyrus* (559—529), von dessen Burg zu Pasargadä noch die aus großen Quadern errichtete Terrasse erhalten ist, während von einem kleineren Palaße noch eine Säule aufrecht steht. Auch sein Grab, ein hausartiger, auf einem Terrassenbau stehender Sarkophag, ist noch erhalten. Eine Halle von 24 Säulen umgab nach dem Berichte griechischer Augenzeugen das Gebäude. Die wichtigste Gruppe noch erhaltener Denkmalreste ist jene von Persepolis, dessen Königsburg *Alexander d. Gr.* den Flammen überlieferte. Noch sind große Terrassenbauten erhalten. Eine Doppelrampe von Marmor, breit genug, daß zehn Reiter nebeneinander emporreiten können, führt zur ersten Terrasse; auf derselben stehen noch mächtige Pfeiler mit geflügelten, menschenköpfigen Stieren, sowie leichte Säulen von den Propyläen des *Xerxes*. Von ihr führt eine mächtige Treppenanlage zu einer höheren Terrasse, auf der Säulenhallen und Wohnräume standen.

Einen Anhaltspunkt zur Rekonstruktion dieser Bauten liefern uns die in den Felsen gemeißelten Grabfassaden aus der Nähe von Persepolis, deren Architekturformen klar aussprechen, daß sie aus Holz oder Metall mußten errichtet gewesen sein. Die schlanken Säulen erinnern uns lebhaft an die Zeltstangen, und ihre Kapitelle zeigen in Stein nachgebildet die herabhängenden, teilweise sich rollenden Spanschnitzel, welche ehemals der Zimmermann von der hölzernen Zeltstange mit dem Schnitzmesser losgetrennt hatte.

Perlien unterlag *Alexander d. Gr.* Die klassische Weltkultur trat auch hier neben die altheimische, welche teilweise deren Mutter war, und nach Untergang

der klassischen Kultur lieferte noch die altasiatische den Geist, aus welchem die glänzende Kultur, insbesondere die Baukunst des Islam, befruchtet wurde. Doch ehe wir jenen einige Worte widmen können, müssen wir eine dritte Kulturperiode in das Auge fassen, deren Denkmäler besonderes Interesse für uns haben.

XV.

Abermals fast ein Jahrtausend jünger als die Begründung der westasiatischen Kultur im chaldäischen Reiche scheint jene zu sein, welche sich über Europa ausbreitete. Naturgemäß war es der Südosten dieses Welttheiles, welcher, benachbart mit jenen Gebieten, auf denen sich in Afrika und Asien die mächtigen Kulturreiche gebildet, zuerst unter deren Einfluß sich die Kultur erschloß. Wann und woher die Völker gekommen, welche dort geflehen, wie weit ihre Stammesangehörigkeit ging, ist historisch nicht nachgewiesen; die poetische Tradition verlegt die ältesten Taten in die letzten Jahrhunderte des zweiten Jahrtausends vor Chr. Man bezeichnet sie, vielleicht ungenau, mit dem gemeinsamen Namen „Pelager“. Nicht zu einem großen Reiche geeint, setzten sie, in kleinen Gemeinwesen, je an einer geeigneten Stelle der Meeresküste oder auf einer Insel sitzend, ähnliche Staatsverhältnisse fort, wie wir sie unter den Patriarchen der Bibel vor der Festsetzung der Stämme in Asien kennen, wo aus je einer Familie und deren Gefinde ein Staat erwuchs. Die Sage weiß uns zwar zu erzählen, daß sie zu größeren Kriegsunternehmungen sich vereinigten; allein zu großartigen Bauunternehmungen, jenen ähnlich, wie sie Ägyptens Herrscher ausführten, konnte dieser Zustand keine Veranlassung geben. Soweit wir aus den poetischen Beschreibungen auf wirkliche Gebäude Rückschlüsse ziehen können, müssen sie schwache Abbilder der großen asiatischen Werke gewesen sein. Wenn uns *Homer* die Paläste des *Alkinoos*, des *Odyseus* und *Menelaos* beschreibt, so bedürfte es nicht des bestimmten Anspruches (*Odysee* IV), daß *Menelaos* Asien und Ägypten durchwandert und dort die Schätze zur Ausstattung seines Palastes gesammelt. Wenn wir von der Erzbekleidung der Wände, von Gold, Elfenbein und Elfenbein lesen, so würde sich der Vergleich mit den Beschreibungen der Bauten *Salomo's* von selbst ergeben.

Für den Grabkultus errichteten auch diese Völker in den jetzt sog. Schatzhäusern monumentale kuppelartige Bauten, und jene Mauern aus mächtigen Quadern, welche sie, so klein auch ihre Staaten waren, mit nicht gerade unbeträchtlichem Aufwande zum Schutze ihrer Städte errichteten, beweisen immer, daß sie von den Ägyptern und Asiaten den Sinn für großartige Bauunternehmungen aufgenommen hatten, sowie daß ihre Technik eine hochentwickelte war; so mächtig, wenn auch nicht ägyptischen Werken zu vergleichen, sind diese Befestigungen, daß spätere Geschlechter in den Mauern Werke von Riesen, nicht Bauten von Menschenhand, zu sehen vermeinten. In der That ist auch die Technik dieser kyklopischen Mauern eigentümlich genug, indem sie meist nicht aus horizontal gelagerten Quaderschichten, sondern aus vielseitigen, mit ihren Berührungsflächen sorgfältig aneinander gearbeiteten Prismen aufgebaut sind. Diese Werke werden an anderer Stelle dieses Buches eingehende Würdigung von technischer Seite finden, so daß wir uns hier mit diesen Andeutungen begnügen können.

Über die weitere Entwicklung dieser vorhistorischen Kunst auf griechischem Boden fehlen uns genügende Nachweise, wie entsprechende Denkmäler. In Kleinasien finden wir eine Reihe von Felsgräbern, welche den Übergang zu der klassisch-hellenischen Kunst vermitteln; in Italien zieht sich diese Kunst von der vor-

historischen Zeit weit in die geschichtliche hinein, wo sie herrschte bis zu der Zeit, als die griechische Kunst nach dem Untergange Griechenlands vom erobernden Rom aufgenommen wurde und durch Einführung mancher von der ältesten Zeit her in Italien heimisch gebliebenen Motive weitere Entwicklung zugeführt erhielt. Man bezeichnet jene Kunst, welche sich von der Heroezeit her, fast das ganze erste Jahrtausend hindurch, in Italien lebendig erhielt, gemeinhin als etruskische, weil in Etrurien deren vorzüglichste Denkmäler sich finden. Daß sie nur ein Zweig der log. pelasgischen ist, zeigen die ältesten Denkmäler, welche jenen vollständig gleich sind, die während der Heroezeit in Griechenland errichtet wurden. Ihre Verwandtschaft mit der asiatischen Kunst ist augenfällig. Charakteristisch ist für die Baukunst die aus Asien herübergenommene Wölbung der Räume, wie die Verwendung des Bogens zur Überdeckung der Tore; charakteristisch die umfassende Verwendung von gebranntem Ton mit bunter Bemalung zur Bekleidung der Gebäude. Die log. etruskische Kunst nahm ihre weitere Entwicklung gleichzeitig mit der griechischen. Wenn wir jedoch bei beiden, insbesondere im Tempelbau, gegenüber den Vorbildern, die sowohl Asien als Ägypten lieferten, manche Gemeinsamkeit in der Gesamtanlage finden, so zeigt doch die etruskische Kunst eine ertümlichere Durchbildung sowohl in konstruktiver, wie formaler Beziehung. Aber auch in Griechenland mögen den etruskischen verwandte Werke errichtet worden sein, bevor die hellenische Kunst jene Stufe der Ausbildung erreicht hatte, mit welcher wir sie mit den ältesten uns bekannten Werken auftreten sehen und welche die Zwischenglieder gebildet haben mögen zwischen den Werken der Heroezeit und jenen späteren aus der Blütezeit des hellenischen Geistes.

XVI.

Die Griechen hatten die staatliche Selbständigkeit der einzelnen Städte aus der pelasgischen Heroezeit in die der hellenischen Geistesblüte herübergenommen; aber wie schon in jener fühlten und pflegten sie das ideale Band geistiger Zusammengehörigkeit. Neben dem jonischen Stamme, welcher die Verbindung mit der asiatischen Kultur herstellte, waren es die Dorier, deren Einwanderung in Griechenland den Grund zur Entwicklung des selbständig hellenischen Geistes, damit der Kunst überhaupt und der Architektur insbesondere legte. Woher kamen sie? Welches Stammes waren sie? Waren sie gleich den Joniern einer der Stämme, welche man mit dem Gesamtnamen der „Pelasger“ bezeichnet hat? Wie weit waren sie mit den anderen verwandt? Haben ihre Krieger ebenfalls unter den Helden vor Troja gelegen? Als sie im Beginne des letzten Jahrtausends im eigentlichen Griechenland einwanderten, traten sie als ein selbständiges Element dem jonischen, dem Träger der pelasgischen Kultur gegenüber. Sie mögen auf niedrigerer Kulturstufe gestanden haben als diese; doch wirkten sie befruchtend auf die Entwicklung der Kunst ein. Dieselbe wurde wohl zunächst durch ihren Einfluß auf das rein ideale Gebiet verpflanzt. Durch ihren Einfluß hörte das Königtum der Pelasgerzeit auf, mit ihm die wichtigsten Aufgaben, welche in Asien der Baukunst gestellt waren, und der Götterkultus, dessen Träger sie waren, führte dahin, daß die Entwicklung der Baukunst sich auf dem Gebiete des Tempelbaues vollzog.

Die Religionsanschauungen der Griechen waren durchaus künstlerische; die Dichter waren es, welche die Götter ihnen vorführten, ohne andere Ablicht als jene, durch die Fülle von Poesie, die in der griechischen Mythologie liegt, sie

anzuregen, sie aus dem alltäglichen Leben hinweg auf ein ideales Gebiet zu führen. Der sittliche Ernst und die Strenge ihrer Moral waren gänzlich unabhängig von den religiösen Anschauungen, welche letztere somit fast keinerlei praktische Bedeutung hatten. Ähnlich verhielt es sich mit dem Tempel; er war den Griechen nicht eine Wohnung des Gottes, nicht ein Raum, in welchem eine große Versammlung des Volkes stattfinden sollte, nicht ein Raum, wo die Priester in großer Schar wohnten und ihres Amtes walteten: er war nur ein ideales Erinnerungsmal an die Gottheit, eine künstlerische Hülle um das Götterbild, eine Zierde und ein Schmuck der Stadt, ein gemeinsames, ideales Besitztum Aller, das, aus zusammengetragenen Beisteuern Aller errichtet, ein gemeinsames Band und für jeden Einzelnen ein Gegenstand des Stolzes, seiner Liebe zur Heimat fester Wurzel im Herzen gab, das ihm als ein Zeichen galt, daß der verehrte Gott, dessen Bild das Heiligtum umschloß, als Schutzgott der Stadt auch ihm wohlwollender Schützer sei. Im Tempel des Schutzgottes war gewissermaßen die ideale Gemeinschaft des Staatswesens verkörpert, das zu verteidigen des Bürgers Pflicht war, das aber ohne äußerlichen Ausdruck nicht die Herzen hätte gefangen nehmen können. Im Tempelbau also war der Architektur durch eine ideale Aufgabe Gelegenheit zur Entwicklung gegeben. Die Tempelarchitektur ist somit die eigentliche, aber auch die einzige Kunstsprache, und wo wir sonst monumentale architektonische Tätigkeit geübt sehen, sind die Formen des Tempelbaues auf die andere Aufgabe übertragen.

Vielleicht liegen die Anfänge des hellenischen Tempelbaues in der pelagischen Kunst. Jedenfalls hatte er feste Gestalt schon in der Frühzeit der dorischen Herrschaft gewonnen. *Pausanias* erzählt, er habe als Reste alter Tempel zu Olympia Holzbauten gesehen. Auf dem Markte der Stadt Elis sah derselbe einen tempelähnlichen Bau, dessen Decke von Eichenfäulen getragen war und der als Grabdenkmal jenes Fürsten *Oxylos* galt, der die Dorier in den Peloponnes geführt hatte. Das Heiligtum des Poseidon Hippios war aus Eichenstämmen errichtet, und erst Kaiser *Hadrian* baute einen monumentalen Tempel darum. *Plinius* erwähnt einen uralten Junotempel zu Metapont in Unteritalien, dessen Säulen aus Rebenholz bestanden.

Aus dieser Frühzeit hat sich das System des griechischen Tempels, eine Cella, oder auch mehrere hintereinander liegende Räume unter einem gemeinsamen Dache, mit einer Säulenhalle an den beiden Giebelseiten oder auch ringsum laufend, bis in die Spätzeit der klassischen Kultur als geheiligte Tradition gleichmäßig erhalten. In der formalen Ausbildung treten uns zwei Systeme entgegen: das dorische ernster und wirkungsvoller, das jonische anmutsvoller und leichter, beide aber zur höchsten Vollkommenheit in Bezug auf Formenharmonie durchgebildet. Es würde natürlich zu weit führen, wollten wir die Eigentümlichkeiten der beiden Formenkreise näher entwickeln; es wird denselben ohnehin ein wesentlicher Teil des gegenwärtigen Gesamtwerkes gewidmet sein. Wir müssen jedoch darauf hinweisen, daß die Formenentwicklung beider schon in den frühesten, dem VII. und VI. Jahrhundert vor Chr. angehörigen Werken nahezu ebenso weit gediehen erscheint als in jenen der eigentlichen Blütezeit, welche in den Schluß des V. Jahrhunderts fällt, und daß auch die ganze Weiterentwicklung der klassischen Kunst mit diesen heiligen Formen verhältnismäßig wenige Modifikationen vornahm.

Die Frage, ob die ältesten Tempel in der Tat aus Holz errichtet waren, dürfte nach den historischen Nachrichten sicher zu bejahen sein; jene, ob in der ausgebildeten Tempelarchitektur noch der Holzbau in seinen Resten erkenntlich

scheine, ist allerdings verschieden beantwortet worden, und wenn der Verfasser dieser „Einleitung“ sie unbedingt bejahen möchte, so muß er sich doch mit Andeutungen begnügen, da der Raum zu einer Beweisführung hier nicht gegeben ist, die doch umso notwendiger wäre, als gewichtige Autoritäten anderer Ansicht sind. Für uns scheint noch immer der alte Holzbau durch den monumentalen Steinbau hindurch. Nicht in dem Sinne freilich, daß jede einzelne Form genau an der Stelle, wo sie sich befindet, sowie sie in der vollendeten, in aller Feinheit durchgebildeten Formensprache sich gibt, im rohen Holzbau vorhanden gewesen wäre, aber doch in dem Sinne, daß die dominierenden Teile schon am Holztempel in äußerlich ähnlicher Weise vorhanden und dort das Ergebnis der Konstruktionsführung gewesen waren. Vom Holzbau wurden sie ebenso als eine heilige Überlieferung in den Steinbau übertragen, wie die Gesamtform des Tempels selbst als eine heilige Überlieferung durch alle Zeiten geht, ohne auch nur da zu einer komplizierten Baugruppe sich äußerlich zu gestalten, wo nicht mehr die einfache Cella von der Säulenhalle umgeben war, sondern eine Reihe von Räumen verschiedener Art und Bedeutung.

Wenn sich auch im Tempelbau die ideale Baukunst konzentrierte, so bot doch das Staatswesen noch eine Reihe von Aufgaben, welche monumentaler Lösung bedurften, sowohl Befestigungsmauern, als Hallen für den öffentlichen Verkehr, Denkmäler für liegreiche Wettkämpfer und vieles andere. Es war insbesondere die Spätzeit, welche reizende Gebilde lieferte. Es war teilweise Asien, wo das Königtum der alten Zeit sich auch unter den griechischen Stämmen erhalten hatte und wohin *Alexander's* Siege die griechische Kunst getragen, teilweise selbst Ägypten, wo großartige Bauten errichtet wurden. Wer hätte nicht vom Grabmale des Königs *Mausolus* gehört, in welchen die altasiatische Stufenpyramide in griechischen Formen durchgebildet war; wer nicht von Alexandriens Glanz und von so manchen anderen Werken in Griechenland und im Auslande! Wurde doch selbst der Jehovatempel zu Jerusalem kurz vor dem Auftreten *Christi* in griechischen Formen erneuert.

Manches konstruktive Element, das aus der altasiatischen Kunst herübergekommen, aber im heiligen Tempelbau nicht verwendbar war, selbst der Bogenbau und die Wölbung konnten sich hier entfalten, und da die beiden strengen heiligen Formkreise der dorischen und jonischen Ordnung nicht ausreichten, so wurden in dieser profanen Kunst neue Elemente künstlerisch ausgebildet und als dritte, als korinthische Ordnung in die Kunstsprache eingeführt.

Wohl wurde die Selbständigkeit der Einzelstaaten Griechenlands durch die Mazedonier aufgehoben; aber sie hatten der griechischen Kunst Asien und Ägypten erschlossen. Noch weitere Bahnen eröffnete ihr das weltbeherrschende Rom, welches zwar Griechenland politisch unterjocht, sich selbst aber der griechischen Kultur unterworfen hatte.

XVII.

Hatte Rom sich früher schon griechischer Künstler bedient, so war es doch die etruskische Kunst, welche in Rom vorzugsweise geherrscht hatte. Nachdem Griechenland römische Provinz geworden war, beherrschte dieses die Römer, und ihre Schriftsteller sagen es uns, daß früher alles etruskisch war, später aber alles griechisch sein sollte. Die Römer selbst hatten keinen Trieb, hatten vielleicht kein Talent, die Künste in eigenem Geiste zu pflegen. Nicht als ob nicht einzelne unter ihnen Künstler gewesen! Aber diese gingen zu den Griechen in die Schule

und wollten als Künstler Griechen sein. *Virgilius*, der hervorragendste Dichter der eigentlichen staatlichen Blütezeit Roms, läßt in seiner Äneis, die ein in lateinischer Sprache geschriebenes spätgriechisches Gedicht genannt werden kann, *Anchises*, der Roms einstige Größe kündigt (Äneis VII, 848–854), sagen:

„Andere mögen das schmelzende Erz in weicheren Formen
 „Bilden, ich glaub's, und lebend'ge Gebärden dem Marmor enthaun,
 „Besser mit Reden verfechten das Recht und die Bahnen des Himmels
 „Zeichnen mit messendem Stab und der Sterne Aufgänge verkünden;
 „Denk du, römisches Volk, mit Macht der Völker zu walten,
 „Da sei du der Künstler! Des Friedens Geetze zu ordnen,
 „Unterworfener zu schonen und niederzukämpfen die Trotzer.“

Aber wenn auch nicht selbst künstlerisch schaffenden Geist in sich tragend, wußte Rom die Künste zu schützen und in umfassender Weise sich ihrer zu bedienen und dadurch ihnen seinen Geist einzuhauchen. Rom stellte der Architektur neue und großartige Aufgaben und führte eine Anzahl neuer Motive in die griechische Baukunst ein, insbesondere als das weltbeherrschende Rom in seinen Kaisern wieder Herrscher erhalten hatte, welche an Glanz alles übertreffen wollten, an Großartigkeit alle Anlagen hinter sich lassen wollten, welche die Herrscher Afrikas und Aliens vor ihnen errichtet.

Vor allem waren es die profanen Aufgaben, welche die Baukunst Roms charakterisieren, die gewaltigen Paläste der Kaiser einerseits, denen auch der Wohnhausbau im allgemeinen auf dem Wege monumentaler Durchbildung folgte, die Foren, Basiliken, die Bäder, die Theater und Amphitheater andererseits, deren große Räume, teilweise mit Gewölben überdeckt, eine Entwicklung der konstruktiven Elemente mit sich brachten, die wiederum die gesamte Formsprache umgestalten mußte. Zur wesentlichen Ausstattung der Stadt gehörten die großen Bogen, welche teils als Triumphbogen zur Erinnerung an glänzende Siege aufgerichtet wurden, teils als Durchgangspunkte auf Märkten und Verkehrsplätzen errichtet und, weil sie ihre Stirn nach beiden Seiten wandten, „Janus“ genannt wurden, gehörten die mächtigen Säulen, an welchen sich Reliefdarstellungen hinaufwanden, um oben mit der Figur eines gefeierten Herrschers als Spitze zu endigen. Den Erinnerungsmalen an die Lebendigen schlossen sich die in unmittelbarer Nähe des Lebens errichteten Grabdenkmäler der Toten an, vom bescheidensten Steine bis zu jenen großartigsten Kaisermaufölen, die, wie jenes des *Hadrian*, heute noch in ihren Resten als Engelsburg bekannt, den ägyptischen Pyramiden und asiatischen Stufenpyramiden an Großartigkeit kaum nachstehen.

Diese neuen der Architektur gegebenen Aufgaben aber konnten ihre Lösung natürlich nicht mehr innerhalb des engen Formenkreises finden, den die Tempelbaukunst im V. Jahrhundert vor Chr. festgelegt hatte. Nur die Tempelarchitektur konnte zunächst noch mit dem Schema auskommen, das sich ausgebildet hatte, besonders da die sogenannte korinthische Ordnung Reichtum und Zierlichkeit mit imposanter Größe zu verbinden wußte. Allerdings konnte in späteren Jahrhunderten auch sie sich dem Einflusse der neuen Motive nicht mehr entziehen. Bei Profanbauten dagegen mußte insbesondere der Gewölbekbau, auch äußerlich als Bogenbau sichtbar werdend, eine umfassende Anwendung finden.

Schon in der letzten Zeit der Republik, als die großen luxuriösen Bauten aufgerichtet werden sollten, bei denen Stockwerk auf Stockwerk sich türmte, bei denen nicht mehr die einfache Grundgestalt eines oblongen Baues, nicht mehr die

Größenverhältnisse selbst der größten griechischen Tempel in Anwendung kommen konnten, als auch nicht mehr das zu jeder Feinheit der Form einladende Material Verwendung fand, als nicht mehr ausschließlich die Säulenhalle den Charakter des Bauwerkes bestimmte, sondern gewaltige Mauermaffen, denen aber durch Formenfülle Leben gegeben werden sollte, wurde es nötig, große Pfeiler, aus verhältnismäßig kleinen Quadern geschichtet, durch Bogen zu verbinden. Um sie zu gliedern und zu beleben, wurde sodann das Architekturssystem der Säulen und Gebälke als Verkleidung daran angelegt. Natürlich hatten die Säulen das Gebälke nicht mehr zu tragen; es ruhte vielmehr auf der Mauer, so daß die Interkolumnien dem Pfeilersystem leicht angepaßt werden konnten. Sie wurden demgemäß viel weiter als in der griechischen Tempelarchitektur, selbst weiter als die etruskischen Verhältnisse dies gestatteten, der Achsenweite der mehrgeschossigen Gebäude angepaßt. Die Detailformen, mehr auf Effekt berechnet, verloren die griechische Feinheit; die feine und energische Linie des dorischen Echinus konnte ihre Wirkung nicht mehr hervorbringen; da die starke Verjüngung der Säulen mit den lotrechten Linien der Pfeiler in zu grellem Kontraste stand, da das Fußloß derselben bei mehrstöckigem Aufbaue nicht mehr die Wirkung energischer Kraft machen konnte, so wurde die dorische Ordnung in einem Sinne umgestaltet, der sie der etruskischen oder toskanischen nahe brachte. In den höheren Stockwerken waren Brüstungen zwischen den Pfeilern und Bogen nötig. Diese einerseits, sowie die Ablicht andererseits, die bekleidenden Architekturformen möglichst leicht, also die Säulen möglichst dünn, das Gebälk möglichst wenig hoch zu machen, gaben Veranlassung, der Säule nicht die ganze Stockwerkshöhe zu geben, sondern in der Höhe der Brüstung einen viereckigen Unterlatz (Stylobat) unter dieselbe zu schieben. In solcher Gestaltung bauen sich sodann die Stockwerke aufeinander, das unterste durch die modifizierte dorische, das folgende durch die jonische und das oberste durch die korinthische Ordnung dekoriert. Man bezeichnet gewöhnlich dieses System als römisches und stellt es dem griechischen gegenüber; mit Recht, da ja nicht mehr die Griechen das beherrschende Volk waren, sondern die Römer, da ja nicht der Mittelpunkt Griechenlands, sondern das die Welt beherrschende Rom sich mit diesen Denkmälern schmückte; mit Unrecht, weil denn doch griechische Meister und griechischer Geist den Römern jene Werke errichteten und weil alle Abweichung nicht in abweichendem Formenfinne, sondern in den Eigentümlichkeiten der Aufgaben begründet ist. Wir sehen nicht die Verbindung etruskischer und griechischer Architektur zu einer spezifisch-römischen; wir sehen nur eine weitere Phase der Entwicklung der spezifisch-griechischen, oder wenn wir uns anders ausdrücken wollen, der klassischen Kunst darin. Die Einflüsse der etruskischen sind gewiß nicht zu leugnen; es waren aber doch nicht sie, die umgestaltend wirken konnten, sondern die Aufgaben, und die etruskische Kunst selbst war ja in ihrer Entwicklung von der griechischen nicht unbeeinflusst geblieben. Die griechische Kunst selbst hatte ja noch, als sie nicht mehr ausschließlich eine heilige war, als auch profane Aufgaben monumental gelöst werden sollten, die im kunstlosen Profanbau sicher stets geübten asiatischen Konstruktionsweisen in der eigenen Heimat in ihr System aufgenommen.

Aber ein neues Moment trat hinzu, um scheinbar den griechischen Charakter der Baukunst des römischen Reiches aufzuheben. Nicht Rom allein, nicht Italien allein, das sich mit glänzenden Städten bedeckte, sollte neben Griechenlands Boden Prachtbauten erhalten; bis in die fernsten Provinzen, wohin Roms Herrschaft gedungen, sollten neben den großartigen Nützlichkeitsbauten auch Luxusbauten er-

richtet werden, um den dort wohnenden Römern das Leben angenehm zu machen und die Eingeborenen römischer Kultur zuzuwenden. Je mehr nun, wie dies in Italien und in den griechischen und asiatischen Provinzen der Fall war, griechische Künstler zu Gebote standen, umso mehr näherte sich die Formenbildung auch im Einzelnen den griechischen Werken der älteren Zeit. Wo aber außer den Legionen, die dort die Herrschaft behaupten mußten, keine anderen Werkleute zur Verfügung standen als ungeschulte, den Monumentalbau nicht kennende einheimische Barbaren, wenn dort Bauwerke errichtet wurden, die nicht nur zur Verteidigung der Kolonien dienten, sondern auch der Prunkliebe Roms Ausdruck geben sollten, so mußte dabei oft auf griechische Feinheit verzichtet und nur in den Hauptlinien das römische System kopiert werden. Wo noch ungenügendes Material hinzukam, da stehen allerdings solche Werke der griechischen Kunst des Perikleischen Zeitalters wie Erzeugnisse eines anderen Geistes gegenüber.

Auch die Glanzzeit der Stadt selbst mußte vorübergehen. Der Glanz und die vielen Elemente, welche durch die Weltherrschaft an Rom gekettet wurden, mußten zu seinem Sinken beitragen. Je mehr aber dieses sank, umso mehr gewann der Orient an Bedeutung. In Asien entstanden Bauten von vorher ungeahnter Großartigkeit, deren Formenkreise unter dem Einflusse altheimischer Traditionen in das Phantastische und Regellose ausarteten und die klassische Reinheit der altgriechischen Formenwelt gänzlich verleugneten. Als die antik-heidnische Kultur in den letzten Zügen lag, Laune noch das einzige Gesetz war, da konnte auch die Baukunst nur noch in Willkürlichkeiten sich die Gunst des Publikums erhalten, wie jene merkwürdigen Bauten zu Petra in Arabien zeigen. Ganz willkürlich stehen Pfeiler und Säulen da; Gebäudeteile erscheinen auseinandergerissen, da nur die Anfänge von Giebeln u. dergl. vorhanden sind und runde Turmbauten zwischen dieselben geschoben erscheinen. Die Kapitelle verlieren ihre klassische Form. Es sind nur Klötze, an denen Vorprünge annähernd die Kapitellform nachbilden. Die sorgfältige Technik, welche in den ersten drei Jahrhunderten des Kaiserreiches sich allenthalben bewährt hatte, ließ in späterer Zeit gleichfalls nach; man benutzte selbst ungleichmäßige Bruchstücke älterer Gebäude, um neue eifertig aufzuführen. Als *Constantin* die Residenz aus der alten Hauptstadt nach Byzanz verlegte, war für Rom die Zeit der profanen Prachtbauten vorüber.

XVIII.

Eine neue großartige Aufgabe erwuchs aber der Baukunst in dieser Spätzeit des römischen Reiches, als *Constantin* das Christentum als Staatsreligion anerkannt hatte, das bis dahin verborgen, öfter verfolgt, seinen Kultus in unterirdischen Räumen gefeiert hatte. Wenn auch mitunter lange geduldet, hatte es nie die Mittel zur Entfaltung eines Pompes, zur Errichtung größerer Gebäude gehabt. Man hatte sich in den Häusern wohlhabender Gemeindemitglieder, nur ausnahmsweise in eigens dazu errichteten Gebäuden, versammelt. Diese mögen schon damals den Basiliken ihre Gestalt entlehnt haben. Es sind wohl Reste einzelner Gebäude erhalten, welche man als christliche Kirchenbauten aus der Zeit vor *Constantin* anzusehen geneigt ist, die jedoch zu unbedeutend sind, als daß ihnen eine besondere Charakteristik eigen wäre. In den Katakomben sind einzelne Teile aus der Zeit vor *Constantin* nachweisbar; aber sie zeigen nichts, woraus sich entnehmen ließe, daß die Christen auch nur versucht hätten, eine eigentümliche Kunst oder eine besondere Bauweise für sich auszubilden. So konnte auch

diese Ablicht nicht hervortreten, als die Mächtigen der Erde das Christentum angenommen hatten. Die neue Aufgabe, welche der Baukunst erwachsen, wurde auf die gleiche Weise und im selben Geiste zu lösen versucht, in welchem man bis dahin alle übrigen gelöst hatte. Allerdings war es keine Blütezeit der Kunst mehr, der diese Lösung zufiel. Es war eine Zeit des Niederganges und des Verfalles, welcher selbst durch einige großartige Kirchenbauten nicht verhindert, kaum hinausgeschoben werden konnte. Zwar äußerte sich dieser Niedergang zunächst auf dem formalen Gebiete; der Sinn für feine Architekturformen, für harmonische Gliederung und Ausstattung sank wie bis dahin so auch ferner; allein die neue Aufgabe, für welche man nicht bloß eine einzige, sondern gleichzeitig mehrere Lösungen suchte und fand, gab in konstruktiver Beziehung so viele Anregung, daß daraus gerade in Verbindung mit der Vernachlässigung des Formalen eigenartige Werke entstanden.

Das Heiligtum sollte jetzt zugleich das Haus Gottes und der Versammlungsraum der gesamten Gemeinde sein und der Altar auf der Grabstätte eines Märtyrers errichtet werden. In der Gemeindegemeinde sollte kein Glied derselben seine Grabstätte finden; aber man stellte Altäre in den Gebäuden auf, welche, altheidnischen Grabbauten ähnlich, über den Gräbern der Vornehmen errichtet wurden, und so ward das Grabmal zur Kirche. Während die Basilika des heidnischen Rom zeigte, in welcher Weise großartige Versammlungsräume sich konstruieren lassen und wie somit dieselbe, auch wenn nicht der neuen Gebäudegattung derselbe Name zugeteilt worden wäre, in konstruktiver Beziehung Anhaltspunkte für Herstellung des größten Raumes, des Schiffes, hätte bieten müssen, so bot das antike Grab in seiner runden, polygonen oder sonst zentralen Anlage und seinem kuppelförmigen Aufbaue das Motiv für die zweite Art der Kirchengebäude, welche zentral angelegt auch sofort monumental gewölbt wurden, während die Basilika durch eine hölzerne Balkendecke überspannt war.

Nur nach und nach konnte das Christentum durch seine Morallehre umgestaltend auf alle gesellschaftlichen und staatlichen Verhältnisse einwirken. Deshalb lag auch keine Veranlassung vor, sofort auch die übrigen Aufgaben zu verändern, welche die Architektur bis dahin zu lösen hatte, und diese ging ihren Weg gleichmäßig abwärts, weil das nun herrschende Christentum, indem es allenthalben auf den Kern losging, auf die Hebung der formalen Seite der Baukunst nicht hinlenken konnte, während seinen konstruktiven Bedürfnissen ohnehin Genüge geleistet war. Dem Verlegen der Residenz von Rom weg nach Konstantinopel folgte der Einbruch der germanischen Völkerstämme in Italien, und wenn im Orient griechischer Geist und griechische Werkleute noch immer Reste der alten Tradition aufrecht erhielten, so konnte dies im Abendlande nur noch in immer beschränkterem Maße der Fall sein. Wohl wendeten sich auch die Herrscher der germanischen Stämme, welche Italien zur Heimat erwählt hatten, der trotz des Verfalles noch immer klassischen Kultur zu; wohl taten sie das Möglichste, Italiens alten Glanz aufrecht zu erhalten. Kein römischer Herrscher hätte für die Erhaltung der antiken Denkmäler beforgter sein können als der Gote *Theodorich*, und die neue Gotenresidenz Ravenna sollte an kirchlichen wie an profanen Denkmälern mit Rom und Konstantinopel wetteifern. Aber Einsicht und Kunstsinne der Herrscher konnten den Verfall nicht aufhalten, der durch die Zerstörung des römischen Reiches bedingt war. Je mehr die germanischen Stämme sich in Italien festsetzten, um so mehr näherte sich die einst so große klassische Kultur dem Erlöschen. Die Ruinen mehrten sich, und was neu geschaffen wurde, stand nicht

bloß in künstlerischer, sondern nach und nach auch in technischer Hinsicht so tief unter dem Alten, daß nur die Zerstörung alter Bauten um des bearbeiteten Materials willen die Möglichkeit der Schaffung neuer gewährte.

Die römische Weltkultur hatte über die Alpen hinaus ihre Äste gebreitet und Gallien, sowie einen Teil Germaniens romanisiert. Seit Jahrhunderten mit den Römern in Berührung und im Handelsverkehr, waren so ziemlich alle germanischen Stämme mit dieser Kultur mindestens bekannt geworden. Als nun die Völkerwanderung die Stämme in Bewegung setzte, wurde zwar mit dem Niederwerfen der römischen Herrschaft ein großer Teil der römischen Städte in Deutschland und Frankreich zerstört, manches alte Baudenkmal vernichtet; aber eine Reihe von Städten war für den allgemeinen Verkehr derart wichtig geworden, daß sie bestehen, deshalb nach jeder Zerstörung wieder aus Schutt und Asche sich erheben mußten, ob Römer oder Gallier, ob Germanen irgendwelchen Stammes gerade in jener Gegend saßen. In ihnen blieb ein Rest der klassischen Kultur zurück. Das Christentum erstreckte seine Wirksamkeit nicht nur auf jene germanischen Stämme, welche den Boden altklassischer Kultur zu eigen hatten; von dort ausgehend, schickte es seine Sendboten in die entferntesten Wälder und suchte nach und nach seinen Glauben, mit ihm aber zugleich die von der Kirche aufgenommenen letzten Reste der klassischen Kultur überallhin zu verbreiten, und bald standen, soweit die Herrschaft des Christentums ging, auch im Norden die Völker auf ähnlicher Stufe der Bildung wie die Italien beherrschenden germanischen Stämme. Wir haben Berichte über die Bautätigkeit, die in Gallien, am Rhein und an der Donau vom VI. bis zum VIII. Jahrhundert herrschte. Erhalten sind uns allerdings kaum wenige Reste, deren Datierung schwierig und unzuverlässig ist. Aber Kirchen, Klöster und Paläste entstanden auch im Norden, und dichterische Beschreibungen der Zeit behaupten wenigstens, daß sie den Werken des antiken Rom nicht nachstanden, wenn wir auch in den noch erhaltenen Resten kaum mehr als schwache Abbilder der alten Herrlichkeit erkennen.

So auch, als noch einmal vor gänzlichem Erlöschen das Licht der klassischen Kultur aufflackerte, allerdings nur, um erkennen zu lassen, wie nahe sie am Erlöschen war. Wie einst *Theodorich der Große* ihr neue Dauer geben wollte, so wollte *Karl der Große* das römische Reich neu aufrichten und der Welt die alte Kulturblüte wiedergeben. Seine Residenzstadt Aachen wurde die Bewunderung der Zeitgenossen, die sie als neues Rom schildern, zu dessen Glanze er das alte Rom und, wenn wir Konstantinopel das zweite nennen wollen, Ravenna, das dritte Rom, plünderte. Trotzdem konnte dieses vierte Rom nur in der Phantasie schmeicheln-der Dichter seine Vorgänger an Großartigkeit und Glanz erreichen. *Karl* hatte Gallien, Germanien, Italien und einen Teil Spaniens unter seinem Szepter vereint, und eine gemeinsame Kultur, von der Kirche getragen, sollte diese Länder zu neuer Blüte bringen. Die Dauer seines Reiches war zu kurz; es zerfiel unter seinen Nachfolgern, und die eintretende Schwäche ließ die Roheit überhandnehmen. Bald war im Abendlande die Kultur gewissermaßen erloschen.

Der Orient hatte auch, nachdem der Westen bereits den Germanen zur Beute gefallen war, die Formen der römischen Herrschaft unter den Konstantinopel regierenden Kaisern festgehalten. Er hatte auch, solange das Abendland noch leistungsfähiger war und eine gemeinsame Kirche beide umschloß, gemeinsam an der Entwicklung der Kirchenbaukunst mit Italien gearbeitet. Als aber zur politischen Trennung auch die kirchliche gekommen war, wurde das Band zerchnitten. Doch war das byzantinische Reich glücklicher als das Abendland; es konnte die

Reste der alten Kultur retten, konnte manche künstlerische und technische Tradition bewahren; es konnte insbesondere in der Baukunst neue Motive entwickeln und sich über ein halbes Jahrtausend als Kulturreich erhalten, bis der Islam das Reich erobert und das Christentum unterworfen hatte.

XIX.

Die Grenzen des römischen Weltreiches in Asien waren keine festen, und jene Gegenden, in denen die altasiatische Kultur ihre Hauptstütze aufgeschlagen, wurden nie so dauernd unterjocht, daß die altheimische Bevölkerung gänzlich der klassischen Kultur unterworfen worden wäre. Um das Jahr 600 nach Chr. erstand in Arabien die Religion des Islam, welche bald, durch Feuer und Schwert ausgebreitet, ihren Mittelpunkt in den Ländern des Euphrat und Tigris fand und, von den Traditionen der dort altheimischen Kunst genährt, auf Grundlage der letzten Ausläufer der klassischen bald eine ganz eigentümliche neue Kunst schuf. Von dem Gedanken der staatlichen Einheit aller Anhänger *Mohammed's* ausgehend, konnte doch diese Einheit nicht erhalten werden. Es bildeten sich einzelne selbständige Reiche, deren Einzelbedeutung so groß war, daß sich, teilweise gestützt auf die Eigentümlichkeiten der Volksstämme, in ihnen derart selbständige einzelne Kunstschulen entzündeten, daß die Kunst des Islam nicht gänzlich als eine einheimische dasteht, so viele gemeinsame Charakterzüge auch allen Schulen innewohnen. Wenn aber auch die Äste des Baumes verschiedene Blüten trieben, so waren diese doch als einem und demselben Baume entsprossen kenntlich.

Den Hauptstamm dieses Baumes bildet aber die Kunst der Araber, welches Volk sich rasch zu hoher Zivilisation emporgeschwungen und in verhältnismäßig kurzer Zeit eine Kunst entwickelt hatte, die an Phantastik und Pracht den Werken der alten Perser, an Schönheit und Formenvollendung des Einzelnen der Feinheit klassischer Kunst nahe kam. Ihr Ausgangspunkt war das Zelt der Nomaden. Schon vor *Mohammed* mögen indessen einzelne feste Bauanlagen vorhanden gewesen sein. Mekka umschließt in der Kaaba ein Heiligtum, das lange vor seiner Zeit ein Wallfahrtsort war. Die arabische Tradition behauptet sogar, daß *Adam* vierzigmal dahin gepilgert, um seine Andacht zu verrichten. Welche Gestalt indessen zu *Mohammed's* Zeiten jener Bau gehabt, ist nicht nachweisbar. Wenn es monumentale Formen waren, so müssen es griechische gewesen sein, die ja damals in der Welt fast alleinige Herrschaft hatten, vielleicht etwa Nachklänge der altpersischen. Nach seiner Flucht führte *Mohammed* zu Medina ein Gebäude auf, das dem gemeinsamen Gottesdienste, sowie als Wohnung seiner Frauen diente. Der Sage nach soll diese Moschee von Palmstämmen gestützt gewesen sein. Als die Araber siegreich durch Persien und Syrien gedungen waren, eigneten sie sich in letzterem Land christliche Kirchen an, teilten sie sogar mit den Christen; denn auch das Gotteshaus der Araber, die Moschee, sollte der Versammlungsort der Gläubigen zu gemeinsamem Gebete sein.

Auch der Moscheebau zeigt somit die zwei Grundmotive, welche der christliche Kirchenbau aufgenommen hat: den Zentralbau mit einer Kuppel und den Hallenbau.

Doch bald entwickelte sich eine eigentümliche Bauweise; denn schon *Omar* errichtete 638 nach Chr. an Stelle des Salomonischen Tempels eine Moschee, die, im Jahre 688 umgebaut, im wesentlichen noch erhalten ist und, wenn auch fast ganz antik, doch schon grundlegende Elemente des arabischen Stils enthält.

In den konstruktiven Formen der ältesten Bauwerke gibt sich schon eine Eigentümlichkeit zu erkennen, welche die arabische Kunst mit der spätklassischen zeigt: die durch Bogen verbundene Säulenstellung, wobei die starke Überhöhung des Bogens ihren Grund vorzugsweise darin haben mag, daß man antike Säulen und sonstige Baukörper von ungleicher, nicht genügender Höhe verwendete. Der phantastische Sinn fand jedenfalls Gefallen an dieser Form, die teilweise noch phantastischer dadurch gestaltet wurde, daß über der Säule erst eine Ausladung sich erhob, der Bogen sodann sich wieder einziehend die Gestalt eines Dreiviertelkreises erhielt oder auch aus zwei Stücken gebildet wurde, welche in der Mitte spitz zusammenstießen. Im allgemeinen sind es nur wenige, und zwar ziemlich einfache konstruktive Motive, welche die Kunst des Islam hervorgebracht hat, bei denen aber die Phantastik der Erscheinung vorzugsweise maßgebend war und die in Bezug auf die Gesamterscheinung ebenso zurücktreten wie die Detailgliederung gegen den ungeheuren Reichtum einer glänzenden, alles bedeckenden Ornamentik. Darin zeigt sich der gemeinliche Zug der gesamten mohammedanischen Architektur; so in Bagdad, wo die erste Residenz der Kalifen war; so in Ägypten, Spanien und Sizilien, wie in Indien, in Persien und in Kleinasien, wie in Konstantinopel. Als die glänzendsten Werke haben wir jene zu betrachten, welche vom XIII. bis zum XV. Jahrhundert in Spanien errichtet wurden und die vorzugsweise durch den Reichtum und die Anmut geometrischer Ornamentik sich auszeichnen. Es ist ein reizendes Formenpiel, aber auch ausschließlich Spiel. Wie das Märchen ein Phantasienspiel ist, darauf berechnet, einen Augenblick anzuregen, so sind auch die Räume der Alhambra ein Märchen, welches einen Augenblick die Wirklichkeit vergessen läßt. Kühler Schatten und der Durchblick auf sonnenbeleuchtete Räume, das Plätschern der Springbrunnen, Blumenduft und das Zwitschern der Vögel, Architekturformen leicht und reizend, als seien sie nicht gebaut, sondern nur erträumt, reizendes Formenpiel einer Ornamentik, die, weil geometrisch, ohne den Geist zu ermüden, zu fortwährendem Sinnen anregt, die das Auge gefangen nimmt und unter ihrem Banne nötigt, den nach allen Richtungen sich kreuzenden Linienverfählungen zu folgen, eine Fülle der üppigst glühenden Farben, welche so harmonisch verwoben sind wie die Töne der Musik, und welche das Werk wie von Gold und bunten Edelsteinen hingezaubert erscheinen lassen — was kann anziehender sein als eine solche Architektur, die das aus bunten Teppichen auf geschnitzten Stangen aufgeschlagene Zelt wiedergibt, unter welchem der Nomade, wenn er nach langer Wanderung durch die Wüste auf einer blühenden Oase Ruhe gefunden hat, dem Märchenerzähler lauscht und, der Phantasie folgend, die Wirklichkeit vergißt und alle Schätze vor sich ausgebreitet sieht, die dem Menschen Genuß gewähren? Was der Märchenerzähler erfindet, wie er sein Zauberschloß schildert, so ist die Alhambra, ein Ort, geeignet, die Wirklichkeit der Welt zu vergessen. Allein darin liegt auch die Schwäche. Wenn auch die Phantasie einen Augenblick lang uns ein Reich des Zaubers aufbaut, welches Menschen Aufgabe ist es, sein Leben im Banne dieses Zaubers zuzubringen?

Wenn die Kraft und Kühnheit der Mohammedaner den Islam ausbreiteten, so war es die träumerische Ruhe, der sich die ehemals so kühnen Eroberer überließen, welche ihn zu Falle brachte, so daß er heute sich mühsam da und dort aufrecht erhält, während die ihn verdrängende europäische Kultur seinen Anhängern derartig imponiert, daß sie die allerdings schwachen Reste ihrer eigenen Kultur um Abfälle vom Tische des Abendlandes dahingeben.

XX.

Wie gering und unbedeutend war dagegen die Kultur des Abendlandes, als mit dem Schlusse des ersten Jahrtausends unserer Zeitrechnung der Islam in drei Weltteilen herrschte und bereits in Kunst und Wissenschaft auf hoher Stufe stand!

Die altklassische Kultur hatte unter den Karolingern im nördlichen Europa zum letzten Male aufgeleuchtet, ehe die Flamme gänzlich erlosch, ehe der alte Geist der germanischen Völker, die nunmehr über Mittel- und Westeuropa ausgebreitet waren, mit seiner Freiheitsliebe und dem Drange nach Vereinzelung alle die äußeren Bedingungen über den Haufen warf, unter denen allein eine große Kultur gedeihen kann. Kulturlosigkeit und mit derselben schlimme Leidenschaften, tief gewurzelte Verderbnis erfüllten wieder die abendländische Welt. Aber es schlummerte in den Völkern die Sehnsucht nach besseren Zuständen; ein Ideal begann sich auszubilden, das ewigen Frieden in die Welt einführen, das jeden Einzelnen der Tugend gewinnen sollte. Dieses wurde nicht bloß von der Bewohnerchaft eines bestimmten Landes, vielmehr von der ganzen, unter germanischer Herrschaft stehenden christlich-abendländischen Völkerfamilie getragen, wie auch diese ganze Familie der Sitz des Übels war; denn zu einer Familie waren sie geworden durch die christliche Kirche. So verschieden auch die Natur aller den germanischen Stämmen unterworfenen Völker war, die sich nach und nach wieder an die Oberfläche drängte, so hatte doch das Band der Kirche, teilweise wohl auch die überall nahezu gleichmäßigen Erinnerungen an die alte einheitliche, zuletzt durch die Kirche geheiligte Weltherrschaft der Imperatoren, deren jüngste große Gestalt, *Karl*, noch in aller Gedächtnis stand, an die Ordnung, welche dessen Kraft gegeben hatte, soviel Gemeinames, und die Herrschaft der Germanen stand allenthalben so fest, daß vorerst noch immer die Verschiedenartigkeiten neben der Macht der Einheit von Kirche und in der Theorie auch des Staates verschwinden und die Kulturtätigkeit eine gemeinsame sein mußte, soweit sie überhaupt sich geltend machen konnte.

Jenes große Ideal sah zwei Gestalten, eine innere geistige und äußere materielle vor sich, welche die Welt gemeinsam regieren sollten: die Kirche, um die Menschen auszubilden, zu lehren, die Künste des Friedens zu pflegen, die Sitten zu mildern, den, welcher sich vergangen, mit Gott zu veröhnen, alle auf das jenseitige Leben vorzubereiten, vertreten durch eine Priesterchaft, welche in geordneter Gliederung die Lehre des Heiles geben und die Sakramente spenden sollte. Sie zu schützen und zu stützen, sollte die weltliche Macht ebenso gegliedert dastehen, das Schwert führen, wo es nötig schiene, um das Recht zu sichern, das Unrecht zu strafen, um die weltlichen Angelegenheiten zu ordnen. Wie an der Spitze der Kirche der Papst, so sollte an der Spitze der weltlichen Herrschaft der Kaiser stehen, von dem alle Könige ihre Macht zu Lehen tragen sollten, sie wiederum abwärts ihren Vasallen verleihend, in ähnlicher Weise wie Bischöfe und Priester in mannigfacher Abstufung vom Papste ihre Mission empfangen. Dem Lehen aber stand als Gegenleistung die Treue und Folge gegenüber, so daß die ganze Welt von oben bis unten auf einem Verhältnisse beruhte, dessen Grundlage gegenseitige Treue war, das der Höherstehende ebensovienig einseitig aufheben konnte als der Niedrige. Kirche und weltliche Macht, Papst und Kaiser, sollten sich gegenüber stehen wie Sonne und Mond.

Es war aber allerdings nur ein Ideal, ein solches, das lange Zeit nicht einmal in scharf ausgesprochener Weise feststand, das mehr gefühlt und empfunden, als

lyftematisch definiert wurde, das aber von Eigennutz, Herrschfucht und anderen menschlichen Leidenschaften beiseite gefchoben wurde, fo oft es denselben un- bequem war, das für immer zu verteidigen keine Macht kräftig genug war, weil es eben nicht die Natur des Menschen, sondern nur dessen gute Seiten als be- stehend annahm.

Da germanische Stämme die Welt beherrschten, fo stand naturgemäß das germanische Deutschland an deren Spitze; aber, wenn es auch Repräsentant der herrschenden Weltidee, wenn es als politische Hauptmacht Europas anerkannt war, fo konnte ihm doch die weltliche Herrschaft nicht ungeteilt zufallen; trotz allen Ringens der Kaiser konnte das Staatsleben Europas sich nicht zu jenem fest- geschlossenen System abrunden, wie es die Kirche entwickelt hatte, die herrschend als unveränderliche Einheit dastand, fo sehr auch die einzelnen Individuen ver- suchen mochten, in ihrem Widerstreite das System durch rückichtslose Geltend- machung ihrer Interessen zu erschüttern.

Spricht sich in diesem Ideale der Ordnung aller Zustände vor allem die Sehnsucht nach innerlicher Ruhe aus, fo mußte daselbe auch auf die Architektur Einfluß üben. Die Kirche, welcher ja die Pflege der Kultur zufiel, war es, die als Trägerin derselben der Baukunst die Aufgaben stellte, und aus deren Klöstern, dem Sitz künstlerischer und wissenschaftlicher Tätigkeit, die Baumeister und Werk- leute hervorgingen, fo daß die Baukunst einen spezifisch mönchlichen Charakter erhielt. Deutschland war durch die politische Rolle, welche es spielte, zunächst auch berufen, die entsprechenden architektonischen Gedanken zum Ausdrucke zu bringen. Aber dort fehlte der klassische Boden, wie ihn Italien darstellte, das noch immer mit den Denkmälern einer großen Vergangenheit angefüllt war, das min- destens einige Traditionen der antiken Technik bewahrt hatte. Deshalb sind auch die Bauwerke, welche die sächsischen Kaiser errichteten, klein in den Dimensionen, befangen in der Durchbildung, und erst mit dem XI. Jahrhundert hatte sich die Kunstübung soweit entwickelt, daß der Bau jener majestätischen Dome ermöglicht werden konnte, welche, wie der zu Speier, dem erwähnten Ideale körperlichen Ausdruck gaben und für die Taufende von kleineren Bauten bis zum Schlusse des XII. Jahrhunderts das Vorbild abgaben. Anknüpfend an das Schema der christ- lich-klassischen Basiliken, zeigen sie ein dreischiffiges Langhaus, durch Pfeiler- oder Säulenreihen getrennt, mit höher aufsteigendem Mittelschiff. Meist, gleichwie in der früheren Periode, mit hölzernen Decken, teilweise aber auch schon im XI. Jahr- hundert mit Kreuzgewölben bedeckt, die sich als Nachahmung jener Wölbungen der großen Säle römischer Badeanlagen zu erkennen geben, bilden sie vor allem die einfache Anlage von Kreuzschiff und Apsis der christlich-klassischen Basilika in mannigfaltiger Weise aus und verbinden die Anlage mehrerer Türme und Kuppel- bauten mit dem Hauptbau der Kirche.

Majestätische Ruhe lagert auf diesen großartigen Baudenkmalern; Ernst und Würde sprechen sich in der einfachen Gliederung der mächtigen Massen aus, und doch ist großes Leben in dieser Gliederung und in der Aneinanderfügung der einzelnen Teile, die sich höher und niedriger auch äußerlich gestalten, wie die Gestalt des Inneren es mit sich brachte, aus denen dann auf der Kreuzung von Lang- und Querhaus Kuppeln in die Höhe stiegen, deren reiches Licht zu dem wunderbaren, echt künstlerischen Eindrucke des Inneren so wesentlich beiträgt. Die Türme, welche aus der Masse heraussteigen, haben nur nebenbei den ma- teriellen Zweck, die damals unbedeutenden Glocken aufzunehmen, deren Klang weithin zu den Gläubigen dringen sollte. Sie sollten symbolisch zum Himmel

empordeuten und dem gewaltigen Dome eine fernhin sichtbare, mächtig über das Häufermeer der Stadt und die Türme der Mauern herrschende Erscheinung geben.

So fest das Band war, welches die Kirche als Trägerin der Kultur um alle Völker geschlungen, die ihr angehörten, so war doch ähnlich, wie bei den Völkern des Islam, auch hier noch Raum für die Entwicklung der besonderen Charaktereigentümlichkeiten, die sich auch in der Architektur wiederpiegelten. In Italien hatten neben der Charaktereigentümlichkeit der Rest der antiken Technik und das vorzügliche Baumaterial auf eine reichere dekorative Ausstattung hingewirkt; die britischen Inseln hatten einen Zug energischer Phantastik ihrer Architektur beigemischt. In Spanien lebte das Christentum im Kampfe mit den Mauren und mußte deshalb für seine Architektur als Gegensatz zu den Mauren festen Anschluß an seine christlichen Nachbarn, d. h. zunächst an Frankreich suchen. Es übte aber auch auf Frankreich und dadurch auf das übrige Europa mächtigen Einfluß aus. Der stete Kampf für die Nationalität, wie für die Religion, ließ jenes Ideal ewigen Friedens weniger bestimmt in das Volksbewußtsein sich einleben; der Kampf für die Religion, für die Kirche und zur Ehre Gottes füllte die Gemüter als ein neues Ideal aus, das auch in Frankreich Boden gewann, wo man den Kampf gegen die Ungläubigen aus nächster Nähe teilnehmend verfolgte.

Mehr als in Deutschland hatte auf dem ganzen Gebiete des heutigen Frankreichs die römische Zivilisation feste Wurzeln geschlagen. Zwar hatten auch hier die germanischen Völker festen Fuß gefaßt und die Bevölkerung mit ihrem Element durchdrungen; aber der keltische Stamm bildete immer den Kern des Mischvolkes, und die antiken Traditionen erhielten sich hier, getragen von der keltischen Bevölkerung, welche längst durch und durch römisch geworden war, länger lebendig als selbst in Italien. So war Frankreich eigentlich schon nach dem Tode *Karl des Großen* der Mittelpunkt der Zivilisation, wenn auch Deutschland jener der politischen Macht war. Wenn nun auch später unter den Kämpfen, in denen, wie in Deutschland, jeder Einzelne so viele Rechte, soviel Macht und Besitz erkämpfen wollte, als sein gutes Schwert ihm errang, die Kultur mehr und mehr sank, hatten doch Kunst und Wissenschaft einen weicheren und geeigneteren Boden in allen Schichten des Volkes für ihren Samen gefunden als in Deutschland, wo doch nur einzelne Klassen sie in der früheren Periode bei sich aufgenommen hatten. Aber auch die größere Beweglichkeit des Volkscharakters drängte dahin, eine fortgesetzte lebendigere Entwicklung zu suchen. So zeigt auch die Architektur Frankreichs im X. bis XII. Jahrhundert mehr lebendige Beweglichkeit, eine eingehendere Detaildurchbildung als die deutsche. Buntere Mannigfaltigkeit, bis zur Phantastik gesteigert, entwickelte sich auf französischem Boden, aber nicht jene einheitliche harmonische Ruhe, wie solche die deutschen Bauten auszeichnet. Der Volkscharakter hatte jenes große Ideal, welches wir als Ideal der Zeit bezeichnen haben, in Frankreich nicht so tief in das Bewußtsein des ganzen Volkes eindringen lassen. Frankreich rang noch nach einem Ideal und fand daselbe gleich Spanien im Kampfe zur Ehre Gottes. Frankreich wurde der Sitz des ritterlichen Geistes. Dieser Geist drängte, von Frankreich ausgehend, das gesamte Abendland in den Orient, um dort die Ungläubigen zu bekämpfen, um dort die Stätten, wo der Herr gelebt, aus deren Händen zu befreien, aber auch, um dort neue Reiche aufzurichten für diejenigen, denen ihre Lehen im Abendlande zu klein waren, ohne daß sie größere sich hier hätten erkämpfen können, um dem Drange nach Abenteuern zu genügen, um durch persönlichen Mut und Tapferkeit sich als echten Ritter zu bewähren.

Jene Ritterlichkeit, welche nicht Ruhe und Frieden, sondern Gefahr und Kampf wollte, trat mehr und mehr in Gegensatz zu dem Ideal der beschaulichen Ruhe, dem es Tätigkeit und Kampf gegenüber stellte, und die Kreuzzüge waren es, die den Franzosen und dem Geiste derselben die Oberhand gaben und diese unbelritten an die Spitze der Kultur gestellt hatten, noch ehe das XII. Jahrhundert geendet. Wie in Frankreich, so wollte mehr und mehr auch anderwärts der Geist sich nicht in Beschaulichkeit, sondern im Kampfe den Himmel erobern. Nicht der rohe Kampf, nicht morden und schlachten waren jedoch ritterlich; feste Regeln machten den Kampf zu einem ritterlichen Spiele, und die Sitte der Zeit verlangte nicht bloß Mut und Kraft, sondern auch Großmut, Edellinn und Frömmigkeit als innerliche Eigenschaften, Feinheit des Benehmens, Artigkeit gegen die Damen, geweckten Sinn für die schönen Künste, mit einem Worte, feine Bildung als äußerliche Eigenschaften des Ritters.

Auch die Ritterlichkeit, welche als veredelter weltlicher Sinn zu betrachten ist, hatte ihren Entwicklungsgang durchzumachen, bis sie sich zu dem erhoben hatte, was sie zur Zeit ihrer Blüte war. Dieselbe Entwicklung zeigt auch die französische Architektur im Gegensatze zur deutschen. Letztere hatte schon im Beginne der Periode ihr Ziel klar vor Augen; jene große Harmonie lag schon von Anfang an in ihr oder war wenigstens im Keime gegeben. Aber die Formvollendung der Details hat auch im Fortgange der Zeiten nicht wesentlich gewonnen; nicht wesentlich hatte der Sinn für reichen Schmuck zugenommen. In Frankreich war im Beginne der Periode selbst im Kirchenbau, der ja allein der Architektur ideale Aufgaben stellte, von harmonischer Durchbildung nicht die Rede. Unvermittelt stehen verschiedenartige und fremde Elemente nebeneinander, individuell sich geltend machend, wie der Sinn und die Neigungen der Menschen. Nach und nach erst gewinnt die Architektur an organischem Verstandnis; nach und nach nimmt der Sinn für organische Durchbildung, für rationelle Konstruktion, für Reichtum und Zierlichkeit der Gliederung, Reichtum und Gedankenfülle des Schmuckes zu.

Wie die deutschen Geistlichen den Ausdruck des deutschen Geistes in sich trugen, so die französischen jenen ihres Volkes, und mehr als in Deutschland nahm unter ihrem Einflusse die Bildung unter den Laien zu; nicht am wenigsten hatten sie dahin gewirkt, die weltliche Roheit zur Ritterlichkeit hinzuführen. Nach und nach aber hatte unter ihrem Einflusse die Laienwelt jene geistige Kraft in sich aufgenommen, daß die Ritterschaft der geistlichen Führung nicht mehr bedurfte, um die höchste Spitze äußerlicher Feinheit zu ersteigen, daß auch die Baukunst der geistlichen Baumeister nicht mehr bedurfte, um in raschem Fluge die Höhe eines Ideals zu erreichen, das nur weltliche Kühnheit, nicht geistliche Beschaulichkeit erdenken konnte.

XXI.

Das Konstruktionsystem der romanischen Kirchenbauten war ein sehr einfaches. Wenn auch verschieden von der Antike, hatte es doch ähnliche Grundprinzipien. Die Stabilität beruhte wesentlich auf genügender Stärke der Mauern, Pfeiler und Säulen; selbst wo der Seitenschub eines Gewölbes zu überwinden war, war die genügende Mauerstärke das Hauptmittel. In Frankreich hatte man zuerst die Stabilität der Mauer dadurch zu mehren gesucht, daß man Pfeilervorsprünge an der Mauer anbrachte. Als nun gegen die Mitte des XII. Jahrhunderts die Überwölbung der Hauptschiffe nach dem System der rheinischen Dome, mittels

Kreuzgewölbe statt der bis dahin dort üblichen Tonnengewölbe, Eingang fand, erkannte man sofort, daß jene Punkte, gegen welche sich die Gewölbe stützten, ungleich stärkeren Widerstand zu leisten hatten als die zwischenliegenden, und man verstärkte sie durch energische Strebepfeiler. Um aber auch bei mehrschiffigen Räumen den Pfeilern, welche die Schiffe trennen, keine störend große Stärke geben zu müssen, suchte man den Seitenschub von diesen Pfeilern ab und durch Bogen auf die Seitenschiffwand hinüberzuleiten, die ohne Schaden durch Strebepfeiler verstärkt werden konnte. Dieser eingreifende konstruktive Gedanke regte zu weitergehenden konstruktiven Gedanken an, und mit einer Raschheit, welche bis dahin ohne Beispiel war, entwickelte sich im Laufe von 50 Jahren ein ganz neues Bausystem, ein neuer Stil, der heute mit dem Namen des gotischen bezeichnet wird und der in der ersten Hälfte des XIII. Jahrhunderts zu einer solchen glänzenden Entfaltung gelangte, daß er bald allenthalben den romanischen verdrängte. Es war ein bis in das äußerste kompliziertes Konstruktionsystem, nicht mit der Absicht erdacht, die räumliche Aufgabe auf die einfachste Weise zu lösen, sondern oft geradezu Schwierigkeiten schaffend, mit der Absicht, zu zeigen, daß eine sorgfältig durchdachte Konstruktion jede Schwierigkeit überwinden könne. Diese konstruktive Tätigkeit brachte eine solche Menge neuer Motive und Elemente in die Architektur, daß in der Tat ein neuer Stil sich ausbildete, welcher nicht mehr als eine fortgesetzte Entwicklungsstufe des früheren bezeichnet werden kann, ein Beispiel, welches in der Geschichte bis dahin nicht vorhanden war und nur deshalb überhaupt möglich wurde, weil die ganze Anschauungsweise der Völkerfamilie sich derart geändert hatte, wie dies früher nirgends der Fall gewesen, weil eben sonst überall ein einziges Volk mit einem einzigen Kulturideal der Träger gewesen war, und wohl, wenn seine Entwicklung zu einem gewissen Punkte gediehen war, zu Grunde gehen, nicht aber sein Ideal ändern konnte.

Allerdings bedurfte es fast eines Jahrhunderts, bis der neue Stil in der ganzen Völkerfamilie herrschend wurde. In Deutschland hielt man lange wie am Ideal des Weltkaiserthums, so auch am alten Architekturideal fest. Die Berührung mit den Franzosen änderte an den politischen und sozialen Verhältnissen kaum anderes, als daß sie verfeinernd auf die Umgangsformen wirkte. Ebenso wirkte die reiche Formenentwicklung der französischen Architektur zunächst auf größeren Reichtum in der Gliederung, die Fülle der Kleinkonstruktionen auf Komplizierung der konstruktiven Elemente des deutschen Stils. Es entstand ein Übergangsstil, welcher, ohne irgend wesentliches an der Gesamtanlage der Baugruppe zu ändern, die Einzelheiten ganz im Sinne des französischen Stils umgestaltete. Mit der zweiten Hälfte des XIII. Jahrhunderts eroberte sich der französische Stil erst die deutschen Lande; mit dem Schlusse war er herrschend; der frühere deutsche hatte aufgehört. Aber das ganze Konstruktionsystem war nicht nur ausgebildet, es hatte auch bereits ein vollkommenes Formenystem entwickelt, als der Stil zu uns kam. Dieses Formenystem nun fand in Deutschland einen günstigen Boden. Es wurde hier, losgelöst von der ursprünglichen konstruktiven Idee, in rein geometrische, harmonische Verhältnisse gebracht, d. h. nach „Zirkels Kunst und Gerechtigkeit“ ausgebildet zu einem schönen Formenystem, einem Schulsystem, welches in der Tat ideal, d. h. edel, harmonisch und von feinsten Linienführung war, das aber ohne innere Bedeutung der Form bloß dem Auge wohlthun sollte, dem also schon in diesem Stadium ein wenig von der Trockenheit der Schule anklebte, dem naturgemäß die Frische der Charakteristik fehlte, die uns bei der genialen Entwicklung der französischen Frühgotik entzückt.

Das Schulsystem der deutschen Gotik hat fast die formvollendete, feine Schönheit des griechischen Formensystems erreicht. Aber es konnte sie nicht lange festhalten. Die Feststellung der Formenprache bis ins einzelne war das abstrakte Werk irgendeines oder mehrerer begabter Meister; aber jeder andere Meister konnte eine andere Theorie für Harmonie und Linien Schönheit aufstellen; es kam nur darauf an, daß er Nachfolge fand; wenn er nicht so bedeutend und selbst auf Nachahmung angewiesen war, konnte durch seine Auffassung beim Nachahmen zwar die Trockenheit, aber kaum die Feinheit vermehrt werden. So zeigt sich denn auch als Resultat zunächst in der Architektur des XIV. Jahrhunderts bei aller Schulgerechtigkeit eine staunenswerte Nüchternheit. Sie ist „schön“, aber langweilig, weil ihr jede Charakteristik fehlt. Da nun das Gefühl verloren war, daß die Form innere Bedeutung haben müsse, da man bloß dem Auge gefallen wollte, so sah ein kecker Meister nicht mehr ein, weshalb denn Fialen und Wimperge bloß aus geraden Linien konstruiert werden müßten, um schön zu sein, warum man sie nicht auch krumm machen solle. Die Fiale war lediglich ein Stück Dekoration, das den Zweck hatte, das damit geschmückte Werk zu beleben, nicht mehr ein Konstruktionsstück wie in der französischen Frühgotik. Sollte sie das nicht in noch viel höherem Maße tun, wenn sie statt gerade zu stehen, sich dreimal um sich selbst oder um ihre Nachbarin drehte? So war es mit allen Teilen; es war der größten Formenwillkür die Tür geöffnet; allerdings nicht einer Willkür, die jeder Einzelne in anderer Weise ausbeutete, sondern einer solchen, welche nur immer schulmäßig festgestellt wurde, da bei der äußeren Organisation der Bauhöfen jeder, sei er bedeutend oder unbedeutend gewesen, von der Schule abhing und fest von ihr gehalten wurde. Bezeichnet doch die sonst so knappe Literatur der Baukunst jener Zeit die Meister, welche das System der Fialen weiter ausbildeten. Aber nachdem die trockene Strenge des XIV. Jahrhunderts gebrochen war, wußte die Schule im XV. Jahrhundert alles einzuführen, was eine selbst mehr als gute Laune erfinden konnte. Es kam dadurch in der Tat Leben herein; frisch und fröhlich sprudelte hier kecker Humor; dort spreizte sich die Philistrität im Gefühle einer erträumten Würde; an anderer Stelle machte sich willkürliche Härte geltend; kurzum es gab wieder ein buntes Bild vollen Lebens, wie eben das Leben mannigfaltig ist; aber die Idealität war geschwunden.

Wenn wir die Form nicht mehr als das Resultat innerlich wirkender Kräfte bezeichnen konnten, so sind damit nur die in der Konstruktion tatsächlich wirkenden physischen Kräfte gemeint, die in den Eigenschaften des Baumaterials und in den Naturgesetzen, vorzugsweise der Schwere, begründet sind, deren Widerstand durch die Konstruktion überwunden werden mußte, an deren Stelle geistige, somit auch innerliche Kräfte getreten waren, die der Formenbildung den Weg zeigten. Diese geistigen Kräfte waren der Ausdruck des Volksgeistes; sie trieben dahin, gerade jenem Formenideal nachzujagen, das der ganzen übrigen Richtung des Volksgeistes entsprach und deshalb auch in seiner Weise charakteristisch war, wenn schon die Richtung nicht mehr in der Hervorkehrung der Konstruktion und Darstellung der in derselben wirkenden Kräfte das Schönheitsideal fand. Trotz der Ausartung sind diese Werke bezeichnend für den deutschen Volksgeist jener Zeit. Sie repräsentieren das Bürgertum der deutschen Städte, welches damals tonangebend war, und nicht bloß seine Nützlichkeitsbauten, sondern auch die Kirchen für sich baute, weil es in seiner Weise Gott dienen wollte. Wenn wir die romanische Architektur Deutschlands als den Ausdruck kirchlichen Geistes, die frühgotische Frankreichs als den ritterlichen Geistes bezeichnet haben, so ist in der deutschen

Architektur des XIV. und XV. Jahrhunderts der echte und vollste Ausdruck des bürgerlichen Geistes gegeben mit allen Vorzügen und allen Schwächen, wie sie mit dem Begriffe „bürgerlich“ untrennbar verbunden sind. Noch immer war es zwar der Kirchenbau, an welchem sich die weitere Entwicklung des Formensystems vollzog; aber längst sollten auch andere Aufgaben in monumentaler Weise gelöst werden. Wohnhäuser und Rathäuser, Schlösser und Paläste mit Hallen, Sälen und Gängen boten Veranlassung zu wirklich neuen Konstruktionen und mancher aus denselben geschöpften, neuen charakteristischen Form. Aber immerhin lag Veranlassung genug vor, das System der Wimperge und Fialen, der Maßwerke und anderer aus dem Konstruktionsprinzip des französischen frühgotischen Kirchenbaues dekorativ weiter entwickelter Zierformen als Schmuckwerk auf den Profanbau zu übertragen, der dann an der ferneren dekorativen Entwicklung Anteil nahm und zu immer willkürlicherer Gestaltung das Seinige beitrug. Nachdem also die Formsprache der Architektur lediglich äußere Dekoration geworden war, konnte ebensogut jede andere Zierform als äußere Dekoration dem Konstruktionsystem angefügt werden, und als etwa um das Jahr 1500 die deutschen Maler häufiger Italien besuchten, fanden sie dort andere Zierformen, welche sie zunächst an dekorativen Gebäuden ihrer Gemälde anbrachten, die sodann auch in den dekorativen Kleinarchitekturen Anwendung fanden, endlich auch das Gebiet der großen Architektur sich zu eigen machten.

XXII.

In Italien hatte sich der von Deutschland ausgegangene romanische Stil in großräumigen Anlagen betätigt und zu reicher dekorativer Formenentwicklung erhoben. Der französische Einfluß konnte vom XIII. Jahrhundert an weder die Hauptanlage, noch das Konstruktionsystem der italienischen Bauhütte wesentlich umgestalten, und was aus dem Norden aufgenommen wurde, fand unter Einfluß des Materials und der klimatischen Verhältnisse bald eine solche Umbildung, daß sich die italienische Gotik nicht mit demselben Rechte wie die deutsche als eine Tochter der französischen ansehen läßt. Was aber gotisch daran war, war ebenfalls bloß ein dekoratives Formenschema, das zwar aus italienischem Geiste hervorgegangen war, aber doch nur einzelnen Seiten desselben entsprach und so auf einen Wechsel selbst hindrängte, als der italienische Geist im allgemeinen neue Bahnen einschlug, sich ein neues Ideal suchte.

Krieg und Zerstörung hatten noch immer nicht mit dem Vorrat antiker Denkmäler aufgeräumt, und so mußten diese naturgemäß das Auge ebenso auf sich ziehen wie die Reste der klassischen Literatur, welche nun den Geist gefangen nahmen, wie die Rechtsanschauungen des Altertums, welche wieder neu belebt wurden, und wie die Philosophie der Alten, welche der von der Kirche gelehrt gegenüber trat. Der neu erwachende klassische Geist hatte naturgemäß die Wiederbelebung der antiken Kunst, speziell der Baukunst, im Gefolge, da nicht mehr die in der Konstruktion wirkenden physischen Kräfte es waren, welche die Form bestimmten, sondern im Volksgeiste liegende abstrakte, welche sich in gleichem Sinne, wie auf allen Gebieten des Geistes, auf jenem der Baukunst dadurch äußerten, daß sie den Schönheitsinn auf analoge Bahnen lenkten und diesem ein anderes Ideal gaben als die Hervorkehrung der Konstruktion und die Darstellung der in derselben wirkenden Kräfte. Was also in Deutschland und im übrigen Norden zu den Gebilden der späten Gotik geführt, führte in Italien zu

bewußter Wiederaufnahme antiker Formen, weil das italienische Volk den antiken Geist in sich aufgenommen. Aber diese Wiederbelebung erfolgte nicht mit einem Schlage, sondern schrittweise. Man begnügte sich damit, die einzelnen Elemente nach und nach einzuführen.

So schwer es fallen würde, in der Kette der Architekturentwicklung Frankreichs das erste Glied zu bezeichnen, das berechtigt ist, sich gotisch zu nennen, während sein Vorgänger noch romanisch genannt werden müßte, ebenso unmöglich ist es, in der italienischen Architekturentwicklung das erste Renaissancebauwerk zu bezeichnen. Reminiszenzen der Antike waren stets in der italienischen Architekturentwicklung zurückgeblieben, bedingt durch die Verwendung antiker Fragmente, bedingt durch den mächtigen Eindruck der großartigen übrig gebliebenen Kunstdenkmäler. So war schon manches vorbereitet, als der Blick sich im Beginn des XV. Jahrhunderts in umfassenderer Weise als bis dahin den Resten der Antike zuwandte.

Von Florenz ausgehend, breitete sich diese neue Auffassung im Laufe des XV. Jahrhunderts durch ganz Italien aus und fand vorzugsweise im Palastbaue eine Reihe der schönsten Aufgaben. Der Kirchenbau folgte anfangs der mittelalterlichen Anlage und stattete nur seine Werke mit Pilastern, Säulen und Gebälken in antiker Art aus. Bald jedoch suchten die Meister neue Kompositionen für die Gesamtanlage. Sie waren sich voll und bewußt, daß im Kirchenbau keine materielle, daß vielmehr eine hervorragend ideale Aufgabe gegeben sei, und so benutzten sie denn diese Aufgabe, ihre Erfindungsgabe zu geistreich kombinierten Räumen der verschiedenartigsten Konstruktion auszunutzen, je nach des Meisters Neigung hohe weite Kuppelräume oder langgestreckte Perspektiven zu konstruieren. Wenn das Mittelalter, speziell die Gotik, sich gewisse praktische Ideale geschaffen hatte, in der jede einzelne Schule nicht bloß in geistiger Beziehung das Ziel erreicht, sondern, namentlich in späterer Zeit, auch einen zweckmäßigen, den praktischen Bedürfnissen entsprechenden Kirchenbau hergestellt zu haben glaubte, so war es jetzt der Individualität jedes einzelnen Meisters anheimgegeben, ein neues Ideal aufzustellen, nicht für einen praktischen Kirchenbau, sondern für einen durch und durch in künstlerischer Vollendung sich gliedernden Idealraum, in welchem sich eben dann der Gottesdienst einrichtete. Die mannigfaltigen Raumgruppierungen erinnern an die lebendige Bewegung in der Periode des klassisch-christlichen Altertums, als man zuerst danach strebte, Ideale für den Kirchenbau zu erringen. Auch sonst haben die Werke des XV. Jahrhunderts mit jenen mancherlei gemein, so außer der individuellen Freiheit das lebendige Gefühl für zwar einfache, aber doch wirkliche Gruppierung, für die Erreichung von Durchsichten von dunkeln in helle, engen in weite, niedrigen in hohe Räume, für die Gegensätze der Beleuchtung, für die Gegensätze gerader, ebener und runder Flächen und die sich daraus für das Auge ergebende Kreuzung der Konturen für schöne Verhältnisse, endlich das Gefühl für eine verständige, leichte Konstruktion. Man nennt gemeinhin solche Konstruktionen, wie sie die italienischen Baumeister im Schlusse des XV. Jahrhunderts anwandten, „kühn“. Dieser Ausdruck ist gänzlich falsch und würde ein bedenkliches Lob sein. Für eine tatsächlich kühne, d. h. eine auch nur an ein Wagnis anstreichende Konstruktion würde sich wohl jeder Bauherr mit Recht bedanken und dem Baumeister unverantwortlichen Leichtsinne vorwerfen; anders aber verhält es sich mit einer Konstruktion von bewußter Leichtigkeit, bei welcher der Meister nicht mehr Massen anwendet, als eben nötig sind, und der Konstruktion nur dort Stärke gibt, wo sie deren wirklich bedarf. Und gerade das taten

die Meister dieser Periode. Neben großer Freiheit in der Gesamtkomposition, genialer Mannigfaltigkeit der Anlagen und sinnreicher Konstruktion zeigen ihre Bauten aber auch eine Feinheit und Zartheit der Empfindung in ihrer Durchbildung, namentlich eine Unterordnung der Details unter das Ganze, welche die Herübernahme der noch dazu in vielfacher Beziehung den neuen Zwecken angepaßten antiken Formen durchaus nicht fremdartig erscheinen läßt.

In diesem Stadium der Entwicklung fanden die nordischen Künstler die italienische Bauweise und übertrugen die dekorativen Elemente derselben in die Heimat, wo sie, ohne die Hauptdisposition der Gebäude, ohne deren konstruktive Durchbildung im mindesten zu ändern, an Stelle des gotischen Formenapparats gesetzt wurden und so eigentümlich originelle Bildungen hervorbrachten, ohne jedoch mehr als ausnahmsweise die Feinheit und das Ebenmaß italienischer Kunst zu erreichen. Italien blieb daher stets das Vorbild, und die Wandelungen, welche dort die Kunst durchmachte, übertrugen sich sofort auf alle Länder.

Diese Wandelungen gingen unter den großen Meistern des XVI. Jahrhunderts vor allem darauf aus, mehr Energie und Kraft an Stelle der zarten Anmut zu setzen, und mit dem Schlusse des XVI. Jahrhunderts war die Detailbildung zu einem Kraftübermaß angewachsen, welches vielleicht antiker war als jene Zartheit, aber nur im Sinne der letzten Periode der Antike, der Ausartung derselben. Von einer Charakteristik im ganzen, welche klar die Bedeutung jedes einzelnen Teils aussprach, hatte sie zu einem Gesamtkörper des Baues geführt, der jede Charakteristik der einzelnen Teile hinter einer leeren Bauform verschwinden ließ. Die Sucht, durch mächtige Massen zu wirken, brachte nunmehr eine förmliche Verwilderung hervor, die noch gesteigert wurde durch das Bestreben jedes Meisters, die anderen durch Originalität zu überbieten.

Im Laufe des XVI. Jahrhunderts war während dieses Vorganges der mächtigste Kirchenbau entstanden, der St. Petersdom zu Rom. Verschiedene Entwürfe drängten sich; jeder folgende Meister änderte die Pläne des vorhergehenden ab, bis in der Mitte des XVII. Jahrhunderts der Bau beendet war. Der Hauptteil der großartigen Anlage, die Kuppel, ist das Werk des gewaltigsten Künstlers des XVI. Jahrhunderts, *Michel Angelo's*, welcher die mannigfachen Versuche der früheren Renaissance, ein Ideal für eine rein künstlerisch wirkende Bauanlage zu suchen, abschloß, aber nicht hindern konnte, daß die Harmonie seines Werkes durch ein angefügtes Langhaus gestört wurde, als man im Schlusse des XVI. und Beginne des XVII. Jahrhunderts nicht mehr einen bloß künstlerisch wirkenden Idealraum, sondern einen praktischen Kirchenbau haben wollte.

XXIII.

Auch St. Peter mußte sich der Zeitanschauung fügen, die wesentlich praktischer geworden war. Sie hatte deshalb auch für den Kirchenbau überhaupt wiederum ein bestimmtes Schema gefunden, ein weites, tonnengewölbtes Langhaus mit Kapellenreihen zu beiden Seiten, kurzen tonnengewölbten Kreuzarmen und Chor mit einer Apside und mächtigem Kuppelbau über der Vierung, eine Anlage, welche im äußeren durch eine zweitürmige Fassade abgeschlossen wurde. Diese praktische Anlage war während des ganzen XVII. und XVIII. Jahrhunderts herrschend. Es war damit in der Tat ein neues, dem Zeitgeiste entsprechendes Ideal für den Kirchenbau gefunden, das nicht gerade sehr dem des Mittelalters widersprach. Wenn auch nicht so hoch getrieben, wie die französischen Kathedralen

des Mittelalters, zeigten doch die mächtigen Pilafterstellungen ein emporftrebendes Element. Der einheitliche Raum des Schiffes gestattete die bewußte Teilnahme an dem Opfer, welches auf dem Altare, den jeder sehen konnte, dargebracht wurde, sowie das Sammeln einer großen Menge um den Predigtstuhl. In den Seitenkapellen konnte sich der Einzelne ungestört der Andacht hingeben, oder konnten viele einzelne Priester zu gleicher Zeit Messe lesen. Das Schema, welches bei sehr einfachen Formen nüchtern wirken würde, konnte durch pompöse Stuckausstattung, welche die spätere Zeit hinzutrat, einen fast ans Verwirrende streifenden mächtigen Eindruck machen; aber auch das von oben einfallende Licht der Kuppel und die Beleuchtung der einzelnen Kapellen wie des Hauptschiffes, des Querschiffes und Chors ließen sich bei diesem Kirchenchema außerordentlich wirkungsvoll, geradezu theatralisch, anordnen. Es war allerdings nicht einfacher Ernst, nicht schlichte Würde, sondern gewaltiger, blendender Aufwand, durch welchen die Kirche in Verbindung mit der durch Beleuchtungseffekte hervorgebrachten mythischen Erscheinung die Augen und Herzen des Volkes gefangen nahm, durch das dunkle Langhaus hindurch zum Lichte der Kuppel emporriß, wo gemalt und plastisch die himmlischen Heerscharen in buntem Chor hin- und herwohten und einstimmten in die Jubelhymnen, welche die Musik durch die Hallen fast berauschend ertönen ließ, während die Wolken des Weihrauches sich erhoben.

Soweit auch die Entwicklung im Kirchenbau ging, kann doch derselbe auch in dieser Zeit nicht als der eigentliche Träger der Architekturentwicklung betrachtet werden. Der Schwerpunkt derselben lag vielmehr im Palastbau, dessen mächtige Werke schon im XVI. Jahrhundert ganz Italien erfüllten und deren mannigfaltige Anlagen Veranlassung gaben, sowohl den Falladenbau im äußeren, als die Gestaltung der Höfe und der verschiedenartigsten Innenräume systematisch zuzubilden. Am Palastbau, welcher der Ausdruck der Macht, wie der Wohlhabenheit und höheren Bildung seiner Besitzer war, bildete sich vor allem jene energische und kräftige Architektur aus, die auch auf den Kirchenbau übertragen wurde, die wir unter dem Namen Barockstil kennen, und welcher besonders durch die Hauptmeister des XVII. Jahrhunderts getragen wurde. Seinen eigentümlichsten Ausdruck erhielt er durch die Einführung schwerfälliger geschwungener Formen, welche nicht nur den Ausdruck jedes tektonischen Gedankens verleugneten, sondern direkt entgegengesetzte Grundgedanken simulierten.

Diese Richtung fand ihren Weg durch die ganze gebildete Welt, welche nunmehr erreicht hatte, was dem Ideal des Mittelalters verfast blieb: eine geistige Einheit auf Grundlage einer allgemeinen, von gleichem Geiste getragenen Bildung und doch einen Zwiespalt, weil allerdings nur der kleinere Teil einer jeden Nation folgen konnte, so daß die Gebildeten, wie zu einer Kaste vereinigt, allenthalben der Masse des Volkes gegenüber standen. Die Architektur aber bildete eine einzige große Schule, an deren Spitze noch immer Italien blieb, bis durch Einwirkung Frankreichs, das die Höhe seines Einflusses erreicht hatte, den Ungeheuerlichkeiten Italiens eine etwas nüchterne Richtung gegenüber trat. Wir haben in jener Nüchternheit einen Zug der Vornehmheit zu erkennen, dessen sich stolze, selbstbewußte Herrscher um so lieber bedienten, je mehr sie im Inneren der Räume, welche den Augen des gemeinen Volkes entzogen waren, dem Luxus der Ausstattung die Zügel schießen ließen. Während nun tief in das XVIII. Jahrhundert herein die phantastische Weise der Italiener den Kirchenbau leitete, beherrschte die vornehme französische Weise den Palastbau, bis gegen die Mitte desselben alle

barocke Kraft und Energie verloren waren und die nüchterne Richtung jeden architektonischen Gedanken vollständig verdrängt hatte. Eine bedenkliche Leere trat an die Stelle großer Gedanken, und nur auf dem Gebiete der eigentlichen Dekoration entfaltete sich eine zwar schwächlich leichte, aber doch phantastische Formenwelt, welche, weil der Fläche angehörig, sich wenig aus ihr heraushob und darum im Gegensatz zur barocken Kraft nirgends über die Gesamterfcheinung herrschte, so daß sie trotz des oft unendlichen Reichtumes nicht einmal deren Nüchternheit bezwang. Allerdings trat diese Formenwelt auch nur selten am Äußeren der Gebäude auf; sie beherrschte vorzugsweise das Innere der Räume, wo sie jedes Gesetz beiseite schob, weil sie sich lediglich als Dekoration fühlte und sich gleich Schlingpflanzen über Wände und Decken ausbreitete. Sie mied dabei das Gesetz der Symmetrie als ihren ärgsten Feind; dem Gesetze der Stabilität entgegen verwarf sie alle Ecken und Kanten. Aber sie schmeichelte sich dabei durch Feinheit im einzelnen ein und entrückte die Bedingungen der wirklichen Welt den Augen, an deren Stelle sie eine künstliche setzte, nur einige heitere Reminiszenzen aus der wirklichen sich erhaltend, wie die zarten lächelnden Knabengestalten, ein Lorbeerreis oder eine Bandschleife, welche diese künstliche Welt noch mit der wirklichen verbanden. Man kann jene Welt eine einzige Täufchung, sogar eine große Lüge nennen und ist berechtigt, dieses Wort selbst in hartem Sinne zu nehmen, weil absichtlich die ganze Grundlage des menschlichen Geistes verschoben ist, verschoben, um einem kleinen Kreise der menschlichen Gesellschaft mittels einer anmutigen Täufchung durchs Leben zu helfen. Aber Liebenswürdigkeit, Feinheit und Empfindung kann man jenen künstlichen Schäferkreisen so wenig absprechen als ihren Dekorationsformen. Die Entschuldigung für solche Lüge liegt aber nahe genug; sie wollte ja gar nicht als Wahrheit angesehen werden; sie leugneten vielmehr deren Existenzberechtigung förmlich ab, weil jene nicht die blasse Anmut in sich trägt, die allein künstlicher Schein geben kann. So verleugnete sie in der Architektur die Berechtigung auch nur irgendwelcher tektonischer Grundbedingungen und, soweit nicht die Gewohnheit zur Beibehaltung einiger Reste des architektonischen Formenapparats drängte, ließ sie all das vollständig formlos, wie es die Theaterkulisse von rückwärts ist, was nicht zu einer Unterlage für ihre täufchende Dekoration diente.

Jene Ernüchterung, die um die Mitte des Jahrhunderts in den Formen des Äußeren eintrat, macht sich auch bald nach derselben in der Dekoration geltend; das unsymmetrische Rokoko fängt zu schwinden an und läßt in der Dekoration nur noch die Rahmleisten zurück, deren es sich mitunter bedient hatte, um, wie ein Gitterwerk für die Schlingpflanzen, Anhaltspunkte an der Wandfläche zu gewinnen, umwunden etwa nunmehr noch von einem Bandstreifen und ein Medaillon mit einer Schleife tragend. Je mehr aber der Sinn im Leben von jener poetischen Lüge in die Wirklichkeit zurückkehrte, je mehr statt der pompösen Perücke der einfache Zopf des Mannes Kopf zierte, um so mehr mußte er auch wieder architektonische Formen und architektonische Gliederung anstreben. Zu den barocken Gebilden ließ ihn die merkliche Ernüchterung nicht zurückkehren; so wandte er sich dann wieder der Antike zu, deren Formen erst mehr nach der Erinnerung, später nach wirklichem Studium zwischen die noch übrig gebliebenen, zahm gewordenen Reste des Barockstils und die Überreste der Rokokodekoration auch nur in dekorativem Sinne eingefügt wurden. Der Name des zusammengeordneten Haarbündels, welchen nun der vornehme Herr, wie der schlichte Bürger am Kopfe trug, bezeichnet auch diese nüchterne und steife Bauweise, und

als die französische Revolution die staatlichen und gesellschaftlichen Verhältnisse über den Haufen geworfen hatte, als Zerrbilder der Republik und des Cäsarentums die Welt beherrschten, wurde, dem Original ungefähr ebenso ähnlich wie jene dem ihrigen, auch der Formenapparat jener antiker Zeiten wieder belebt.

XXIV.

Die Reaktion gegen das Abbild des antiken Cäsarentums brachte den Jahrhunderte langen Entwicklungsgang der alten Kultur da zu einem gewaltfamen Abschlusse, wo eine weitere gedeihliche Entwicklung ohnehin unmöglich geworden war, nachdem die Revolution die unausweichliche Folge des Entwicklungsganges gewesen, welchen alle Verhältnisse genommen hatten, die notwendige Folge der Revolution aber der Cäsarismus. Die edelsten Kräfte, die besten Geister bemühten sich, neue Einrichtungen zu schaffen und neue Formen zu finden, um denselben Ausdruck zu geben. Aber jeder wollte einen anderen Weg einschlagen. Die einen wollten mit Beseitigung alles Dagegewesenen neue Staatenverhältnisse, neue Religionen, neue Verhältnisse der Einzelnen zum Staate und zur Religion bilden; die Verhältnisse der Gesellschaftsklassen sollten in ganz neuer Weise geordnet werden. Andere sahen in dieser oder jener Periode der Geschichte ihr Ideal erreicht und wollten dieselbe soweit als immer möglich, vielleicht sogar gänzlich wieder beleben. Kaum ein Land oder Volk der Vorzeit, kaum irgendeine Periode der Geschichte, die nicht als Vorbild aufgestellt worden wäre! Noch ist der Kampf zwischen all diesen Elementen nicht zum Abschlusse gekommen, obwohl Versuche der verschiedensten Art gemacht worden sind. Wird das Ende dieser Kämpfe bald eintreten? Wird bald eine der verschiedenen sich befehdenden Richtungen unbelritten herrschen wie in allen großen Kulturperioden, so daß Staat, Kirche, gesellschaftliche Verhältnisse, die Arbeit auf dem Gebiete der Wissenschaft und Kunst nach einem einzigen solchen Grundgedanken sich einrichten werden? Die Architektur, welche ähnliche Zustände zeigt und somit, wie sie allenthalben in schärfster Weise das Bild der Kulturzustände in greifbaren Formen zur Darstellung brachte, wird auch sie wieder in neuen einheitlichen Formen neuen Kulturverhältnissen Ausdruck geben? Werden es nationale sein, werden sie über die Grenzen der Nationen hinweg der gesamten zivilisierten Welt angehören? Was wird die Grundlage dieser neuen Architektur bilden, welche Aufgabe wird sie zu lösen haben? Einstweilen gehen alle denkbaren Richtungen nebeneinander her, seit erst die griechischen Bauformen als Reaktion gegen jene dem kaiserlichen Rom entnommenen auftraten, dann die Romantiker, unter sich selbst sich befehend, die verschiedenen Perioden des Mittelalters teilweise als Anknüpfungspunkte hervorsuchten, teilweise sich deren gänzliche Wiederbelebung zur Aufgabe machten, seit dann auch die Renaissance in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung von den Anhängern als allein berechtigt gepriesen wurde, seit auch der Barockstil, Rokoko und Zopf ihre Bewunderer und Vertreter gefunden, welche sie für berechtigter halten als jede andere Bauweise und ihre Pflege verlangen. Alle diese verschiedenen Anschauungen, welche während des letzten halben Jahrhunderts aufgetaucht sind, stehen heute noch auf dem Platze, ohne daß eine einzige imstande gewesen wäre, die übrigen zurückzudrängen, noch auch daß sie vermocht hätte, ganz auf dem Standpunkte zu bleiben, welchen jeder dieser Baustile zur Zeit seiner Blüte oder selbst während der ganzen Dauer seiner Entwicklung eingenommen. Nur zu einem haben sie uns geführt, zu gründ-

lichem Erforschen aller Perioden der Architekturgefchichte. Aber die taufendfältigen neuen Aufgaben, welche fich aus der Entwicklung, die unfere Kultur genommen, ergeben haben, konnten nicht mit einem einzigen Formenschema allein gelöst werden. Mußten doch selbst neue Baumaterialien gefucht und künstlich geschaffen werden. Das Konftruktionswesen mußte eingehend ftudiert und weitgehend entwickelt werden, und fo stehen wir heute auf dem Standpunkte, daß in einer Reihe von Bauwerken diese Faktoren allein maßgebend find, teilweise unter Verwendung der Formen irgendeines historifchen Bauteils, soweit solche eben paffen, und mehr oder weniger glücklicher Weiterentwicklung derselben, teilweise unter vollftändiger Verleugnung irgendeines bestimmten Formensystems und Vernachlässigung der Formenbildung bis zur vollen Verwilderung.

Daneben find aber auch Versuche aufgetaucht, einen neuen Stil zu erfinden. Andere Versuche wollten mindestens den Weg fuchen, auf welchem ein solcher gefunden werden könnte. Sie haben übersehen, daß nicht das Stil ist, was irgendeiner, und sei er der hervorragendste seiner Fachgenossen, erfindet, sondern was sich aus der gemeinfamen Arbeit von Generationen herausbildet als der Ausdruck des Geistes, welcher je in der ganzen Generation lebendig ist. Die Frage nach dem Bauteil der Zukunft wird daher nicht in den Kreifen der Architekten entschieden; derselbe wird sich herausbilden aus dem Gange, welchen die Entwicklung aller unserer Verhältnisse nimmt; er wird national sein, wenn sich der Geist unserer Nation bestimmt und strenge von jenem anderer Nationen unterscheidet; er wird gemeinfam sein, wenn alle Nationen den Gang ihrer geistigen Arbeit nach dem gleichen Ziele lenken²⁾.

Deshalb mußten auch bis jetzt alle Versuche scheitern, einen neuen Stil zu bilden, alle zu wenig befriedigenden Resultaten führen, die darauf ausgehen, einen der historifchen Stile nach subjektiven Meinungen umzugestalten. So wenig es auch wahrscheinlich ist, daß irgend ein Stil der Vergangenheit als Stil der Zukunft wieder lebendig werde, hat doch bis jetzt stets der Anschluß an einen historifchen Stil sich glücklicher erwiesen als das Talten und Suchen, und nur jene Schöpfungen haben über den Augenblick hinaus dauernde Beachtung finden können, welche, auf volles Verständnis eines Stils gegründet, diesen mit Bewußtsein und Sicherheit zu handhaben verstanden.

Deshalb ist für den heutigen Architekten das Gebiet des Studiums ein größeres, als es je war. Es handelt sich darum, die Aufgaben zu erkennen, welche unfere Zeit der Baukunst stellt, und alles zu erforschen, was die Vorzeit geleistet, um über den gesamten reichen Schatz an Konftruktionen und Formen, welchen alle Zeiten geschaffen haben, mit voller Sicherheit zu verfügen.

²⁾ In das Ende des XIX. und den Anfang des XX. Jahrhunderts fällt wieder eine Zeit, in der ein neuer Stil, die „Moderne“ geschaffen werden soll. „Ein neues Geschlecht ist sich seines Rechtes und seiner Pflicht bewußt geworden, nicht einseitig in den Formen der Vergangenheit, sondern vor allem dem eigenen Kunstempfinden gemäß frei und zweckmäßig zu schaffen.“

Anmerkung der Red.

Literatur.

Um das weite Gebiet zu überfchauen, welches fich heute den Studien des Architekten eröffnet, ift eine gründliche Kenntnif der Literatur unerläßlich. Das „Handbuch der Architektur“ will auch dafür einen Wegweifer bieten, weshalb die Redaktion jeder Abteilung, bezw. jedem Abfchnitt, Kapitel ufw. nicht bloß einen Nachweis über die benutzten Quellen anfügen, fondern auch auf andere, den gleichen Gegenftand behandelnde Werke aufmerkſam machen will, felbft wenn fie ganz entgegengefehter Anfchauung ihren Urfprung verdanken. Der „Einleitung“ müßte nun allerdings eine vollftändige Überficht der gefamten Literatur über „Theorie und Gefchichte der Kunft“ angefügt werden. Da indes im II. Teile (Hiſtorifche und technifche Entwicklung der Baufteile) des vorliegenden „Handbuches“ jene Literaturangaben Aufnahme finden werden, die fich auf den gefchichtlichen Teil der Architektur und der Kunft überhaupt beziehen, fo konnte an diefer Stelle auf die Literatur über „Gefchichte der Kunft“ verzichtet werden. Da es ferner zu weit gehen würde, alle in der Zeitſchriftenliteratur zerftreut niedergelegten kleineren Auffätze über „Theorie und Äfthetik der Kunft“ anzuführen, fo glaubt die Redaktion auf die Nennung nachftehender Werke fich beſchränken zu können.

1) Bücher über „Theorie und Äfthetik der Baukunſt“.

- SCHELLING, F. W. J. Ueber das Verhältniß der bildenden Künfte zu der Natur. Landshut 1808
— Neue Ausgabe: Berlin 1843.
- MÜLLER, E. Gefchichte der Theorie der Kunft bei den Alten. Breslau 1834—37.
- HÜBSCH, H. Die Architektur und ihr Verhältniß zur heutigen Malerei und Sculptur. Stuttgart 1847.
- VISCHER, F. TH. Aefthetik oder Wiſſenſchaft des Schönen etc. Theil III, Abfchn. 2, Heft 1: Die Baukunſt. Stuttgart 1852.
- UNGER, F. W. Die bildende Kunft. Aefthetiſche Betrachtungen über Architektur, Sculptur und Malerei. Göttingen 1858.
- LEVY, E. *Étude philoſophique ſur l'architecture*. Brüffel 1859.
- LASAULX, F. v. Philoſophie der ſchönen Künfte, Architektur, Sculptur etc. München 1860.
- SEMPER, G. Der Stil in den technifchen und tektonifchen Künften oder praktiſche Aefthetik. Frankfurt a. M. u. München 1860—63. — 2. Aufl. Lief. 1—8: 1878—79 (unvollendet).
- CARRIÈRE, M. Die Kunft im Zusammenhang der Culturentwicklung und die Ideale der Menſchheit. Leipzig 1863—74. — 3. Aufl. 1877—86.
- HEYER, R. Das Syſtem der Culturgeſchichte des Menſchen, im Befonderen das Syſtem ihrer tektonifchen Form und der Baufteil der Gegenwart. Stettin 1864.
- RIEGEL, H. Grundriß der bildenden Künfte. Eine allgemeine Kunftlehre. Hannover 1865. — 3. Aufl. 1875.
- SCHASLER, M. Aefthetik als Philoſophie des Schönen und der Kunft. Berlin 1871—72.
- DIPPEL, J. Handbuch der Aefthetik und der Gefchichte der bildenden Künfte. Regensburg 1871.
- HARPER'S *Theory of the arts*. London 1872.
- EIDLITZ, L. *The nature and function of art, more eſpecially of architecture*. London 1881.
- ADAMY, R. Architektonik auf hiſtorifcher und äfthetiſcher Grundlage. Hannover 1881 ff. (unvollendet).
- MAERTENS, H. Praktiſche Aefthetik der Baukunſt und der gewerblichen Künfte etc. Bonn 1887.
- GÖLLER, A. Zur Aefthetik der Architektur etc. Stuttgart 1887.
- BECHLER, E. Das Weſen der Architektur etc. Berlin 1887.
- UHDE, K. Die Konſtruktionen und die Kunſtformen der Architektur. Im Erfcheinen begriffen.

2) Umfaſſendere Werke über „Architektur“.

- BLONDEL, J. F. *Cours d'architecture enseigné dans l'académie royale d'architecture*. Paris 1771—73.
— 2. Aufl. 1798.
- DURAND, J. L. N. *Précis des leçons d'architecture données à l'école royale polytechnique*. Paris 1802—05. — 2. Aufl. 1840.
- WEISS v. SCHLEUSSENBERG, F. Lehrbuch der Baukunſt zum Gebrauche der k. k. Genie-Akademie Wien 1820—30. — Neue Aufl. 1870.

- BORGNIS. *Traité élémentaire de construction appliquée à l'architecture civile etc.* Paris 1823. — 2. Aufl. 1839.
- GWILT, J. *An encyclopedia of architecture.* London 1842. — Neue Aufl. 1888.
- REYNAUD, L. *Traité d'architecture.* Paris 1850—58. — 3. Aufl. 1867—70.
- Die Schule der Baukunst. Leipzig 1855—89.
- RINGHOFFER, E. *Lehre vom Hochbau.* Brünn 1862. — 2. Aufl. 1878.
- ASHPITEL, A. *Treatise on architecture.* London 1867.
- VIOLLET-LE-DUC, E. E. *Entretiens sur l'architecture.* Paris 1858—72.
- Deutsche bautechnische Taschenbibliothek. Leipzig 1874—87.
- Deutsches Bauhandbuch. Bd. I u. II: Baukunde des Architekten. Berlin 1879—84.
- Baukunde des Architekten. Berlin. Erscheint seit 1890.
- CLOQUET, L. *Traité d'architecture.* Paris u. Lüttich. Erscheint seit 1898.
- PROKOP, A. Hochbau (Constructions- und Gebäudelehre). Herausg. vom Vereine „Der Baucon-
structeur“ an der k. k. techn. Hochschule in Wien unter der Leitung des Constructeurs der
Lehrkanzel für Hochbau. H. DAUB. Wien 1899.

3) Wörterbücher und Glossarien.

- A glossary of terms used in Grecian, Roman, Italian and Gothic architecture.* London u. Ox-
ford 1836. — 5. Aufl.: London 1851.
- EHRENBERG, C. v. Bau-Lexikon. Frankfurt a. M. 1854.
- MOTHES, O. Illustriertes Bau-Lexikon. Leipzig 1857—59. — 4. Aufl. 1881—84.
- CHABAT, P. *Dictionnaire des termes employés dans la construction.* Paris 1878. — 2. Aufl. 1882.
- BOSC, E. *Dictionnaire raisonné d'architecture etc.* Paris 1876—80.
- The dictionary of architecture. Issued by the Architectural Publication Society.* London 1887—92.
- PLANAT, P. *Encyclopédie de l'architecture.* Paris 1888—93.
- AUDSLEY, W. J. & G. A. *Popular dictionary of architecture etc.* London 1880.
- STURGIS, R. A. *Dictionary of architecture and building.* New York u. London. Erscheint seit 1901.
- SCHÖNERMARK, G. & W. STÜBER. Hochbau-Lexikon. Berlin 1904.

Handbuch der Architektur.

I. THEIL:

ALLGEMEINE
HOCHBAUKUNDE.

Handbuch der Architektur.

I. Teil.

Allgemeine Hochbaukunde.

Die technische Stilgerechtigkeit eines Werkes ist zunächst abhängig von den natürlichen Eigenschaften des Rohstoffes, der zu behandeln ist, und derjenige genau kennen muß, der entweder selbst aus demselben ein technisches Werk hervorbringen will oder den Produzenten Anleitung, Vorschrift und Mufter dafür vorzubereiten berufen ist . . .

. . . Die Schwerkraft und die Resistenz der Materie gegen dieselbe sind die nächsten hier wirklamen Potenzen; es ist klar, daß die letzteren an Tätigkeit wachsen, je mehr die Last zunimmt . . .

. . . Wer den Zwang der Säulenordnungen abwirft, muß sich dafür einen andern Kanon schaffen oder Charakter und subjektiven Ausdruck in der Baukunst geradezu verleugnen, ihr nur das Recht allgemein typischen Inhaltes zuerkennen. Wer keinerlei Feffeln kennt, dessen Kunst zerfällt in form- und bedeutungsloser Willkür.

SEMPER, G. Der Stil etc. Frankfurt a. M. u. München 1860–63.
Band I, S. 96; Band II, S. 369 u. 372.

Dem in der vorstehenden „Einleitung“ entwickelten Gange des gegenwärtigen „Handbuches der Architektur“ entsprechend, wird den drei Hauptteilen — „Bauteile“ — „Hochbau-Konstruktionen“ — „Entwerfen, Anlage und Einrichtung der Gebäude“ — ein allgemeiner Teil vorangehen, der diejenigen Gebiete behandeln soll, welche, als den genannten drei Teilen gemeinsam, denselben voranzuschicken zweckmäßig erschien.

Zuerst soll der Baustoff — das Material, woraus die Werke der Architektur geschaffen werden, vorgeführt werden; hierauf werden die statischen Bedingungen und Grundsätze, nach denen der Baustoff für unsere Bauwerke verwendet werden soll, zu entwickeln sein; endlich wird es sich um die Darstellung der Kunstformen handeln, welche der Stoff unter Berücksichtigung seiner besonderen Eigenschaften und seiner Stabilitätsbedingungen in den einzelnen Bauteilen während der uns bekannten Kulturepochen erhalten hat. Hiernach ergaben sich für die „Allgemeine Hochbaukunde“ die ersten drei Abteilungen:

Die Technik der wichtigeren Baustoffe.

Die Statik der Hochbaukonstruktionen.

Die Bauformen.

Die „Baumaterialienlehre“, wie sie mehrfach an Technischen Hochschulen gelehrt wird und in verdienstvollen Büchern niedergelegt worden ist, hat sich im Laufe der Zeit zu einem Fachgebiet entwickelt, in dem eine eigentümliche Vereinigung von ziemlich verschiedenartigen Gegenständen zur Erscheinung gebracht ist. Außer dem bautechnischen Teile werden einzelne Parteien aus der Mineralogie und Geognosie, aus der reinen und angewandten Chemie, aus der mechanischen Technologie, zum Teile auch aus der Botanik, aus der Metallurgie usw. herübergenommen; auf diese Weise ist der Umfang der Baumaterialienkunde in kaum mehr einzuschränkender Weise im Wachsen begriffen, und ihr äußeres Gepräge ist ein wenig ausgeprochenes und einheitliches geworden.

Aus diesen Gründen haben wir im vorliegenden „Handbuch“ eine andere Behandlungsweise der „Baustoffe“ gewählt — eine Behandlungsweise, bei der, so weit dies irgend anging, grundsätzlich alles fortgelassen wurde, was den Gebieten

der Mineralogie und Geognosie, der Chemie und Technologie, sowie anderen Hilfswissenschaften angehört. Wo es irgend möglich war, haben wir uns auf den bautechnischen Teil beschränkt und deshalb auch den Titel „Technik der Baustoffe“ gewählt. Wir glaubten zu diesem Verfahren umfomehr berechtigt zu sein, als ja auf anderen bautechnischen Fachgebieten in ganz ähnlicher Weise — nicht nur von uns, sondern ziemlich allgemein — vorgegangen wird. Mathematik und Naturwissenschaften, sowie die übrigen Hilfswissenschaften werden als bekannt vorausgesetzt und nur so viel davon herangezogen, als zum Verständnis erforderlich ist.

In der „Statik der Hochbaukonstruktionen“ glauben wir die „Elemente der Lehre von der Elastizität und Festigkeit“ vorausschicken zu sollen, nicht als ob wir die bestehenden vortrefflichen Werke von *Clebsch, Grashof, Ott, Winkler, Müller-Breslau, Keck* usw. für nicht ausreichend hielten, vielmehr deshalb, weil diese Schriften teils ganz andere, teils viel weitergehende Ziele verfolgen. Wir haben uns sowohl in den „Elementen der Festigkeitslehre“, als auch in der eigentlichen „Statik“ auf die dem Architekten am häufigsten vorkommenden Fälle beschränkt, dagegen durch Literaturangaben die weitere Erkenntnis dieser Wissenschaft anzubahnen und zu vermitteln gesucht. Weiters glaubten wir es nicht unterlassen zu sollen, neben dem analytischen auch die graphischen Verfahren aufzunehmen; dem Architekten, der stets Lineal und Zirkel zur Hand hat, wird hiermit ein umfomehr willkommener Dienst erwiesen worden sein, als wir die geometrischen Verfahren in solcher Weise eingeführt haben, daß keinerlei graphostatistische Vorkenntnisse vorausgesetzt wurden.

Die „Bauformen“ sollen in erster Reihe die Gestalt und Bezeichnung der einzelnen Bauteile in systematischer Weise, an die Hauptstilepochen sich anlehnend, vorführen. Ohne diese Abteilung wären in den folgenden drei Teilen des gegenwärtigen „Handbuches“ Weitläufigkeiten und Wiederholungen nicht zu umgehen gewesen; ja es hätte nicht ausbleiben können, daß gewisse Themata an Stellen hätten behandelt werden müssen, wo dies nur in gezwungener Weise statthaft gewesen wäre.

Wenn hiernach unsere „Bauformenlehre“ auch an die Stelle eines einschlägigen „Glossariums“ treten kann, so hat sie doch vor diesem die streng wissenschaftlich-systematische und stilistische Behandlungsweise voraus und kann vor allem, indem sie überall von feststehenden ästhetischen Grundätzen ausgeht, den formalen und sachlichen Zusammenhang wahren. Indes hat die in Rede stehende Abteilung noch den weiteren Zweck zu erfüllen, eine wesentliche Ergänzung des II. Teiles, der „Bauteile“ zu bilden. Wird auch in den letzteren an der Hand der „historisch-technischen Entwicklung“ von einer Stilepoche auf die andere übergegangen, die eine als aus den Vorläufern hervorgegangen dargestellt werden, so wird es doch an einer unmittelbaren Nebeneinanderstellung der Bauformen verschiedener Zeitalter fehlen müssen. In diesem Sinne wird die dritte Abteilung des vorliegenden Teiles als „vergleichende Formenlehre“ auftreten und als solche die oben gedachte Aufgabe erfüllen.

Den vorhin genannten drei Abteilungen wurden noch als vierte, fünfte und sechste Abteilung angefügt:

Die Formenlehre des Ornaments.

Die Keramik in der Baukunst.

Die Bauführung.

Handbuch der Architektur.

I. Teil:

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

ERSTE ABTEILUNG.

DIE TECHNIK
DER WICHTIGEREN BAUSTOFFE.

DIE TECHNIK DER WICHTIGEREN BAUSTOFFE.

Die Baustoffe im allgemeinen.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

Die Architektur braucht zur Verkörperung des ihren Werken zu Grunde liegenden schöpferischen Gedankens den Stoff. Viel mehr als die übrigen Künfte ist sie davon abhängig; eben so sehr wie die technischen Künfte, zu denen sie ihrem Ursprunge nach gehört, ist sie daran gebunden. Gleich ihr sind die technischen Künfte aus den ersten Lebensbedürfnissen des Menschen hervorgegangen, somit auch den Anforderungen des Zweckes, der Bildsamkeit des Stoffes und, in ihrer formalen Entwicklung und künstlerischen Gestaltung, denselben Grundgesetzen des Stils unterworfen wie die Architektur. Diese hat sich mit den technischen Künften entfaltet, und unter dem befruchtenden Einfluß derselben auf das Werden der architektonischen Grundform ist sie aus einer nützlichen Kunst zu einer schönen Kunst herangereift; aus dem Bauen ist die Baukunst geworden, welche sich vermöge der Großartigkeit, Dauer und Bedeutung ihrer Werke, vermöge der Erhabenheit des Gedankens, welchen sie zu verkörpern haben, als die bedeutendste und höchste unter dieser Gruppe von Künften auszeichnet.

1.
Baustoff.

Wenn indes auch die Schöpfungen der Baukunst den edelsten Zielen des menschlichen Geistes zu dienen haben, so dürfen darüber doch nicht ihr Ursprung, der Zweck, dem das Werk zu dienen hat, der Stoff, aus dem es darzustellen ist, vergessen werden. Der Stoff stellt seine Bedingungen, und Konstruktion und Form sind davon abhängig. Dies ist zu allen Zeiten, insbesondere während der großen Kunstperioden, wohl erkannt und gewürdigt worden, und dadurch sind die Baustoffe auch auf die Entwicklung der Bauteile nicht ohne Einfluß geblieben. Tatsächlich bezeichnen auch stets jene Epochen die höchste Blüte eines Baustils, in denen der Auswahl der Materialien die größte Sorgfalt zugewendet wurde. Schon die Pyramiden und Tempel Ägyptens, die Bauwerke Griechenlands geben Zeugnis davon. Die alten Römer hatten einen außerordentlich höher entwickelten Marmorhandel, als wir ihn im heutigen Italien finden; die edelsten Marmorbrüche wurden ausschließlich vom Staate verwaltet; der Steinbruchbetrieb gelang unter Aufsicht eigener Präfecten, und für die richtige Mörtelbereitung sorgten eigene Adilen und Zensoren. Die Vorschriften des *Vitruvius* haben für die Technik der Baustoffe in vielen Fällen dauernde Giltigkeit. Auch die Baumeister des Mittelalters waren mit den charakteristischen Eigenschaften der Baustoffe auf das innigste vertraut; sie wählten dieselben mit äußerster Sorgfalt aus und verstanden es, sie in äußerst sachgemäßer Weise zu verwenden²⁾.

²⁾ VIOLLET-LE-DUC, E. E. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française etc.* 2. Aufl. Band 8. Paris 1866. S. 113.
Handbuch der Architektur. I. 1, a. (3. Aufl.)

2.
Kennzeichnende
Eigenschaften.

Die einzelnen Baustoffe kennzeichnen sich durch besondere Eigenschaften, welche sie für den jeweiligen Zweck mehr oder weniger geeignet machen. Bald ist es das dichte Gefüge und die Eigenschaft der Masse, sich zu beliebiger Form und in regelmäßigen Stücken zu festen Systemen zusammenfügen zu lassen, bei welchen die Widerstandsfähigkeit gegen das Zerdrücken und Zerknicken der Grundgedanke der Konstruktion ist. Bald sind es Weichheit und Bildsamkeit (Plastizität) des Stoffes, die Fähigkeit zu erhärten und die gegebene Form in erhärtetem Zustande unveränderlich zu behalten, welche die Verwendbarkeit für einzelne Strukturteile des Baues bedingen. Für andere Bauteile sind es wiederum das langfaserige Gefüge, die Spaltbarkeit, das geringe Gewicht, verbunden mit bedeutender Elastizität und Festigkeit, oder aber die Schmelzbarkeit und Dehnbarkeit, die Leichtigkeit, sich mannigfaltiger Modelung und Gestaltung zu fügen und dabei doch in hohem Grade widerstandsfähig gegen jede Art statischer Beanspruchung zu sein, welche das Material kennzeichnen und es für viele technische Zwecke geradezu unerlässlich machen.

Neben diesen Anforderungen an die Baustoffe ist aber auch die Berücksichtigung ihres Verhaltens gegen die Einwirkungen der Zeit, gegen Luft, Wasser und Feuer beim Bauen von großer Wichtigkeit. Endlich sind es die Eigenschaften teils äußerer Art, teils von innerem Wert, nämlich Schönheit der Struktur in Form und Farbe, Politurfähigkeit und Kostbarkeit des Materials, die Fähigkeit, in einzelnen Stücken von außerordentlicher Größe gewonnen werden zu können, welche in ästhetischer Beziehung für deren Benutzung von besonderer Bedeutung sind.

So haben die verschiedenen Baustoffe, jeder für sich, den kennzeichnenden Ausdruck besonderer Eigenart in sich, und nur derjenige Architekt ist ein Meister seiner Kunst, welcher die Eigenschaften der Baustoffe, insofern sie seinen Zwecken dienen, genau kennt und entsprechend diesen Eigenschaften ihnen im Bauwerke die richtige Stelle anweist.

Von den Eigenschaften, welche den Grad der Brauchbarkeit als Baustoff bestimmen, kommen in erster Linie die mechanischen der Arbeitshärte, der Festigkeit, Elastizität und Dauerhaftigkeit in Betracht. Auf diese Eigenschaften sollen also die Materialien erprobt werden, um dadurch ihre Qualität festzustellen. Die Qualität an sich ist die Summe aller mechanischen Eigenschaften.

Solange man aber den Zusammenhang aller dieser Eigenschaften unter sich nicht kennt, solange können auch Beobachtungen einzelner Eigenschaften allein nicht ausreichen, um das Verhalten des Materials verschiedener Verwendungsarten oder Beanspruchungsweisen gegenüber beurteilen zu können.

Hierzu gehört nach *Leppla*³⁾:

- 1) das Studium der physikalischen Verhältnisse, insbesondere der Elastizitätserscheinungen im weitesten Sinne an den gesteinsbildenden Mineralien;
- 2) das Studium der chemischen Veränderungen, welche die gesteinsbildenden Minerale unter dem Einfluß von Wasser, Sauerstoff, Kohlenäure, schwefeliger Säure, Humusäure, Salzlösungen usw. erleiden;
- 3) das Auffinden von Methoden zur Bestimmung der Mengenverhältnisse der einzelnen Gemengteile in den zusammengesetzten Gesteinen, vielleicht auf Grund der Trennungen nach dem spezifischen Gewicht mittels spezifisch schwerer Flüssigkeiten, und
- 4) die Berücksichtigung der Zusammensetzung und Struktur der Gesteine, insbesondere die Einführung der mikroskopischen Methoden.

³⁾ Siehe: Baumaterialienkunde., Jahrg. 4, S. 40.

Das Feststellen derjenigen Eigenschaften, welche ein Material für einen bestimmten Zweck brauchbar machen, und des Grades der Brauchbarkeit einzelner Materialien zu einem bestimmten Zwecke ist die Aufgabe der Prüfungsanstalten.

3.
Prüfungs-
anstalten.

Die Prüfungsanstalten sollten mit der nötigen Autorität ausgerüstet sein, damit Private und Behörden unbedingtes Vertrauen in die richtige und gewissenhafte Entscheidung derselben setzen können. Sie sollten daher von speziellen Fachmännern geleitet werden, die, ausgerüstet mit den nötigen Hilfsmitteln und sich gegenseitig ergänzend und fördernd, die Qualität der Materialien nach einheitlichen Gesichtspunkten festsetzen, mit Rücklicht auf den jeweiligen Verwendungszweck, bei Lieferungen das Einhalten der geforderten Eigenschaften kontrollieren und bei Streitigkeiten ein maßgebendes und entscheidendes Urteil abgeben.

Diese Prüfungsarbeiten sollen daher staatlich autorisierte oder unmittelbare Staatsanstalten sein, wie solche schon bei den Römern bestanden haben und wie sie für Maß und Gewicht, für Edelmetalle und Spirituosen usw. ohnedies schon bestehen.

Die Untersuchung jedoch des Zusammenhanges und der Abhängigkeit der verschiedenen mechanisch-technischen Eigenschaften der Materialien untereinander und voneinander, sowie die Feststellung des gesetzmäßigen Einflusses chemischer und physikalischer Eigenschaften und Wirkungen auf die mechanischen Eigenschaften und, damit zusammenhängend, die Klarlegung des Einflusses der verschiedenen Herstellungs-, Verarbeitungs- und Verwendungsweise ist Aufgabe der Versuchsanstalten. Diese haben sonach gleichzeitig die Feststellung und Kontrolle der Prüfungsmethoden und Wertbestimmungen der Prüfungsanstalten auf Grund der allgemeinen Versuchsergebnisse zur Aufgabe und die Fortbildung und Hebung der betreffenden Industrien in Herstellung, Verarbeitung und Anwendung der Baustoffe zu fördern, ähnlich den für andere Zweige der Industrie bestehenden Versuchsanstalten.

4.
Versuchs-
stationen.

Aus dem Zusammenwirken beider Arten von Anstalten, welche meistens vereinigt sind, und aus der Praxis der Erzeuger und Verbraucher von Baustoffen ergeben sich in naturgemäßer Weise allgemein gültige einheitliche Bestimmungen über die Anforderungen, welche für verschiedene Beanspruchungen an die einzelnen Gruppen der Baustoffe zu stellen sind; es entstehen einheitliche Klasseneinteilung, einheitliche Lieferungsbedingungen und einheitliche Prüfungsvorschriften⁴⁾.

Eine Hauptbedingung, welche alle Prüfungsanstalten und alle Materialprüfungen erfüllen müssen, wenn sie Wert besitzen sollen, ist, daß die Ergebnisse der Prüfungen untereinander vergleichbar und prüfungsfähig sind. Nur dann ist es möglich, sie mit Nutzen zu allgemeinen wissenschaftlichen Schlüssen und zu sicheren Grundlagen für die Anwendung in der Praxis zu verwenden. Vorläufig weichen aber noch häufig die Prüfungsergebnisse der verschiedenen Anstalten mit demselben Material sehr erheblich voneinander ab. Ob dies von der verschiedenen Größe der benutzten Proben, von der Verschiedenheit der Prüfungsmaschinen oder sonstigen Umständen abhängt, ist bisher nicht aufgeklärt worden.

5
Einheitlichkeit
der
Untersuchungs-
methoden.

Alle auf den häufigen Konferenzen über einheitliche Untersuchungsmethoden festgestellten Bestimmungen und Vorschriften können ferner nicht über den großen Übelstand hinwegsetzen, daß seitens der Material-Prüfungsanstalten amtliche Zeugnisse über solche Materialien erteilt werden, welche Unternehmer und Fabrikanten selbst zur Prüfung einreichen. Es liegt in deren Vorteil, nur ausgefuchtes und

6.
Andere
Mißstände.

⁴⁾ In Teil IV, Halbband 6, Heft 2, b dieses „Handbuches“ wird von den Material-Prüfungsanstalten eingehend gesprochen werden.

bestes Material erproben zu lassen, nicht aber die Durchschnittsware, welche von ihnen tatsächlich geliefert wird. Nur dann sind die Prüfungen und die Zeugnisse von wirklichem Wert, wenn die Proben von uninteressierten und einwandfreien Personen den Anstalten überwiesen werden, also z. B. auch von denen, welche die Materialien später benutzen wollen. Die Zeugnisse würden unter solchen Umständen einen ganz anderen Wert haben als solche, welche z. B. bei Proben von Sandsteinen oder Ziegeln mit der Erklärung beginnen, daß diese Stücke „angeblich“ aus dem oder jenen Bruche oder aus dieser oder jener Ziegelei stammen. Dies ist der Grund, daß von erfahrenen Baumeistern jenen Zeugnissen gar kein Wert beigemessen wird.

Veruche mit kleinen würfelförmigen Steinen von 4 bis 10^{cm} Seitenlänge in bezug auf Druckfestigkeit des Materials haben immer ein wesentlich günstigeres Ergebnis, als dies bei großen Blöcken der Fall sein würde. Denn bei letzteren können alle zufälligen schlechten Eigenschaften eines Steines vorkommen, also Stiche, weichere Stellen, Einprägungen usw., welche bei jenen kleinen, sorgfältig ausgefuchten Proben fehlen. Man kann also bei Haufsteinen auch aus diesem Grunde nicht mit den Angaben der Versuchsanstalten rechnen, sondern muß einen ziemlich großen Sicherheitsfaktor annehmen, welcher nach *Rankine* nicht geringer als 8 sein sollte.

Auch die Untersuchungen über Wetterbeständigkeit, wenn auch vollkommener als früher, geben doch keine zweifelsfreien Ergebnisse. Der Baumeister tut deshalb heute noch gut, neben jenen Zeugnissen auch noch das Verhalten der Gesteine an alten Bauwerken zu berücksichtigen und vor allem an Grabdenkmälern auf Kirchhöfen, bei welchen die Angabe des Todesjahres immer den Rückschluß auf das Alter des Denkmals zuläßt. Es wäre aber ein Fehler, aus dem Verhalten des Steines auf dem Kirchhof einer ländlichen Gemeinde ohne weiteres einen Schluß auf seine Tauglichkeit für ein Bauwerk in einer großen Stadt ziehen zu wollen. Hier können z. B. Rauchgase, welche in dem kleinen Ort fehlten, einen recht verderblichen Einfluß auf seine Haltbarkeit ausüben, wie überhaupt chemische Einwirkungen, z. B. die des Mörtels, heute noch viel zu wenig beachtet werden.

7.
Einteilung.

Die Baustoffe werden entweder als notwendige Hauptbestandteile der Bauwerke, als Konstruktionsmaterialien, angewendet, finden wenigstens ihre hauptsächlichste und wichtigste Anwendung als solche, oder sie dienen dazu, den fertigen Konstruktionen zum Schutze oder zur Zierde zu dienen, sie zu ergänzen oder auszubauen; dies sind die Materialien des Ausbaues. Aus der Natur der verschiedenartigen Baustoffe ergibt sich übrigens von selbst, daß eine strenge Scheidung nach der Seite der Konstruktion oder des Ausbaues nicht angeht, daß vielmehr sämtliche Konstruktionsmaterialien zugleich dem Ausbau dienen können, und daß manche Materialien des Ausbaues auch Bestandteile von raumbegrenzenden Konstruktionen werden können, je nachdem der Begriff der Konstruktion enger oder weiter aufgefaßt wird. Andererseits aber würde eine Trennung der Art nach zusammengehöriger Baustoffe logisch und technisch störend wirken.

Literatur.

Bücher über „Baustoffe im allgemeinen“.

ACCUM, F. Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien etc. Berlin 1826.

WOLFRAM. Vollständiges Lehrbuch der gesammten Baukunst. Band 1: Lehre von den Baustoffen. Stuttgart 1833.

DEMPP. Lehre von den Baumaterialien. München 1842.

- WOLFRAM. Handbuch für Baumeister. Theil 1: Baumaterialien. Quedlinburg 1847.
- LINKE, G. Vorträge über Baumaterialien am k. Gewerbe-Institute und der k. allgemeinen Bau-
schule. Berlin 1848.
- SCHMID, C. Die Baumaterialien aus dem unorganischen Reiche. München 1852.
- WEDEKE & ROMBERG. Die Baumaterialien-Lehre. 1852.
- RUNGE, L. Vorträge über Baumaterialien. Berlin 1853.
- GERSTENBERGK, H. v. Katechismus der Baumaterial-Kunde für angehende Architekten und In-
genieure, sowie für Zimmerer, Maurer. 1. u. 2. (Titel-) Ausg. Berlin 1855.
- DELESSE. *Les matériaux de construction de l'exposition universelle de 1855*. Paris 1856.
- SCHLEGEL, C. F. Lehre von den Baumaterialien. 2. Aufl. Leipzig 1857.
- KÖLLSCH, C. Die Baumaterialien-Kunde für ausführende Bautechniker etc. Braunschweig 1861.
- VISSER, J. E. Die Baumaterialien etc. Emden 1861.
- KERSTEN, E. Die Baumaterialien-Kunde mit besonderer Berücksichtigung der Ziegel- und Kalk-
Brennerei. Leipzig 1863.
- ENGEL, F. Hochbau-Materialienkunde für Maurer- und Zimmermeister, Bau-Unternehmer etc.
Wriezen 1863.
- Die Schule der Baukunst: Die Lehre von den Baumaterialien und den im Baufache zur Verwen-
dung kommenden technischen Erzeugnissen. Von J. WENCK. Leipzig 1863.
- GRUEBER, B. Allgemeine Baukunde. Theil 1: Die Baumaterialien-Lehre. Berlin 1863.
- ZIEGLER, C. Die Lehre von den Baumaterialien für angehende Bauhandwerker. München 1864.
- MENZEL, C. A. Die Baumaterialien des Maurers etc. Herausg. von C. SCHWATLO. Halle 1866. —
2. Aufl. 1883.
- CHATEAU, TH. *Technologie du bâtiment, ou étude complète des matériaux de toute espèce employés
dans l'art de bâtir, considérés au point de vue de leur nature, leurs propriétés chimiques et
physiques, leurs qualités et défauts etc.* Paris 1866—82. — 2. Aufl. 1880—82.
- GOTTGETREU, R. Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien. Berlin 1869. —
3. Aufl. 1879.
- Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873. Band 2. Braunschweig 1874.
Hochbau. S. 309. — Steinwaren. S. 404. — Thonwaren. S. 422.
- BÖHME. Die Festigkeit der Baumaterialien etc. Berlin 1876.
- HAUENSCHILD, H. Katechismus der Baumaterialien. Wien 1878—80.
- BLAIR, W. N. *The building materials of Otago and South New Zealand generally*. Dunedin 1879.
- SCHMIDT, O. Die Baumaterialien. Berlin 1881.
- STROTT, G. K. Die Baumaterialien. Halle 1883. — 2. Aufl.: Holzminden 1894.
- MEISTER, U., F. LOCHER, A. KOCH & L. TETMAJER. Die Baumaterialien der Schweiz an der Landes-
ausstellung 1883. — 4. Aufl. 1884.
- THURSTON, R. H. *The materials of engineering*. New York 1883—84.
- MOSER, R. Bericht über Gruppe 18 der schweizerischen Landesausstellung Zürich 1883: Bau-
materialien. Zürich 1884.
- DEBAUVE, A. *Procédés et matériaux de construction. Tome III: Matériaux de construction, pierres,
chaux et mortiers, maçonneries, bois, métaux*. Paris.
- Handbuch der chemischen Technologie. Herausg. von BOLLEY-BIRNBAUM. 6. Bände 1. Gruppe: Die
chemische Technologie der Baumaterialien und Wohnungseinrichtungen. Braunschweig 1885.
- THURSTON, R. H. *A text-book of the materials of construction etc.* New York 1885.
- HAASSENGIER, F. Katechismus für Baumaterialienkunde. Deutlich-Krone 1891.
- GLINZER, E. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Baustoffkunde, nebst einem Abriß der Chemie etc. Dres-
den 1893. — 3. Aufl. 1903.
- SCHUBERT, H. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Baumaterialienkunde etc. Leipzig 1897.
- KRÜGER, R. Handbuch der Baustofflehre. Wien 1898.
- ZAHN, H. Baumaterialien-Lehre mit besonderer Berücksichtigung der badischen Baustoffe. Karls-
ruhe 1898.
- WEBER's illustrierte Katechismen. Nr. 171: Katechismus der Baustofflehre. Von W. LANGE.
Leipzig 1898.
- ISSEL, H. Illustriertes Handlexikon der gebräuchlichen Baustoffe. Leipzig 1902.
- BAUDRON, E. *Connaissance, recherche, choix et essais des matériaux de construction et de balla-
stage*. Paris 1903.
- FOERSTER, M. Lehrbuch der Baumaterialienkunde etc. Leipzig 1903.
- Ferner:
Baumaterialienkunde. Herausg. u. red. von H. GIESSLER. Stuttgart. Erscheint seit 1896.

I. Abschnitt.

Konstruktionsmaterialien.

1. Kapitel.

Stein.

Von HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

a) Allgemeines.

8.
Eigenschaften.

Stein ist nebst Holz das älteste der Konstruktionsmaterialien, das natürlichste und weitverbreitetste, welches alle Bedingungen eines guten Baustoffes in sich vereinigt und deshalb zu allen Zeiten und überall seinen Platz als hervorragendstes Baumaterial behaupten wird, wenn es auch zeitweilig und örtlich durch andere Baustoffe verdrängt wird. Seine statischen, technischen und ästhetischen Eigenschaften vereinigen sich so außerordentlich mannigfach zu verschiedenen Abstufungen, daß für jeden Bauzweck und für die strengsten Anforderungen reiche Auswahl geboten ist. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Stein es war, dessen Eigenschaften zur Ausbildung der verschiedenen Bauteile führten, daß ohne Stein keine Gewölbe entstanden wären, daß die eigentlich monumentalen Bauten nur aus Stein gebildet werden können, daß der Inbegriff des Festen und Dauernden stets an Stein gebunden erscheint.

Die Festigkeit, Dauerhaftigkeit, Formbarkeit und Schönheit finden sich an keinem anderen Baustoff so gleichmäßig bedeutungsvoll verkörpert.

Die Verwendbarkeit des Steines als Baustoff hat sich so naturnotwendig aufgedrängt, daß man zu allen Zeiten und an allen Orten, wo feste Niederlassungen entstanden sind und die Kultur aufgeblüht ist, in Ermangelung genügender natürlicher Bausteine nach Ersatzmitteln hierfür suchte. Dies waren die künstlichen Bausteine, insbesondere die Backsteine oder Ziegel.

Je mehr die Eigenschaften eines künstlichen Bausteines den Eigenschaften eines guten natürlichen Bausteines gleichkommen, desto wertvoller ist er. Wir sind gegenwärtig in dieser Beziehung in einem Zeitabschnitt höchsten Fortschrittes, und die künstlichen Steine erhalten häufig selbst dann den Vorzug, wenn Bruchsteine um den gleichen oder sogar um einen geringeren Preis zu erhalten sind.

9.
Festigkeit
im
allgemeinen.

Die „Technik der Bausteine“ macht zunächst eine Betrachtung ihrer Eigenschaften erforderlich.

Die Festigkeit der Bausteine ist diejenige Eigenschaft, welche in erster Linie von einem brauchbaren Baustein gefordert wird.

Sie hängt einerseits von den mineralogischen Gesteinselementen, andererseits von der Homogenität nach allen Richtungen ab, steht daher bei gleicher mineralogischer Zusammenfassung und gleichem Bindemittel im umgekehrten Verhältnis zur Porosität. Es wäre indes verkehrt, eine unmittelbare Beziehung von Eigengewicht und Festigkeit deshalb als gesetzmäßig anzusehen, selbst bei Gesteinen gleicher mineralogischer Beschaffenheit und gleicher Herkunft. Die Versuche von *Böhme*⁵⁾ haben dargetan, daß Kalksteine und Sandsteine von derselben Art und demselben Eigengewichte nicht nur außerordentlich verschiedene Festigkeiten besitzen können, sondern daß auch nicht selten die Festigkeit (spezifisch leichterer Kalk- und Sandsteine größer ist als die von Steinen gleicher Art mit (spezifisch höherem Gewichte. Die bisherigen Festigkeitsbestimmungen haben daher keine charakteristischen Festigkeitsverhältnisse für bestimmte Gesteinsarten schaffen können.

Schon die Festigkeiten der einzelnen Mineralien oder Gesteinselemente sind noch nicht festgestellt; ferner bedingt auch bei einfachen Gesteinen kristallinischer Struktur der Spaltbarkeitsunterschied der einzelnen Elemente nach verschiedenen Richtungen verschiedene Kohäsionsgrade. Auch sind die einzelnen Gesteinselemente stets fast ganz regellos gelagert; die Bruchresultate wird dadurch noch komplizierter, um so mehr bei gemengten Gesteinen aus verschiedenen festen und verschiedenen spaltbaren Elementen. Bei sedimentären und besonders bei klastischen Gesteinen, also bei Sandstein, ist aber nicht in erster Linie das Gesteinselement, sondern die hier nie fehlende Kittsubstanz für die Festigkeit maßgebend. Die außerordentlich verschiedene Art der Kittsubstanz, ihre Menge und Verteilung bewirken die oben erwähnten Unterschiede.

Die Unterschiede in der Festigkeit sind deshalb naturgemäß größer bei solchen Gesteinen, deren Gesteinselemente Kristalle sind und abhängig von der Anordnung und Größe der letzteren. Aus allen diesen Gründen erschien bis jetzt die Ausnutzung der wirklichen Festigkeit nur mit sehr hohen Sicherheitskoeffizienten erlaubt, und tatsächlich ist der übliche, ziemlich hohe Sicherheitsgrad auch aus der von der Natur der Steine abhängigen Art der Verbindung zu Konstruktionen, welche häufig wenig scharf ausgeführt wird, wenigstens im allgemeinen gerechtfertigt.

Aber nicht nur die Quantität der Festigkeit ist für die praktische Verwendung wichtig; auch die Qualität derselben spielt, besonders bei gewissen Beanspruchungen, eine wichtige Rolle. Qualitativ verschieden erscheint die Festigkeit in dem verschiedenen Widerstandsgrade gegen Lostrennung einzelner Teilchen oder gegen Spaltung durch Schneiden oder Spitzen, entweder unter bloßem Drucke oder unter Stoßdruck. Von einer scharfen Elastizitätsgrenze ist aus den oben angeführten Gründen als einer gesetzmäßigen Funktion zwischen Quantität und Qualität nichts zu merken. Bei vielen Steinen bewirken schon sehr kleine Kräfte bleibende Veränderungen; dies ist bei porösen und weichen Steinen der Fall. Eine annähernde Proportionalität zwischen Längenänderung und Belastung findet dabei erst bei höherer Belastung bis nahe der Zerstörungsgrenze statt. Bei sehr homogenen und festen Steinen ist diese Proportionalität schon anfangs deutlicher und bleibt bis hart an die Zerstörungsgrenze gleich.

Auf Zugfestigkeit werden die Bausteine in den Hochbaukonstruktionen nur sehr selten unmittelbar beansprucht; deshalb ist sie bisher auch nur von wenigen Steinforten bestimmt worden, obwohl sie mittelbar eine nicht geringe Zahl von

10.
Zugfestigkeit.

⁵⁾ Über das Verhältnis zwischen der Druckfestigkeit und dem spezifischen Gewicht von Bruchsteinen. Deutsche Bauz. 1882, S. 353.

Aufschlüssen über Zähigkeits- und Elastizitätsverhältnisse, sowie über die Schwankungen der Kohäsion nach verschiedenen Richtungen geben würde. Da die wenigsten Gesteine auch nur annähernd homogen sind, so ist ihr Zusammenhang und damit die Zugfestigkeit nach der Richtung senkrecht zum Lager und parallel dazu meist bei einem und demselben Stein schon sehr verschieden. Von einem gesetzlichen Verhältnis der Zugfestigkeit zur Druckfestigkeit kann daher im allgemeinen wohl nicht die Rede sein.

Für verschiedene Gesteinsorten schwankt dieses Verhältnis zwischen 1:8 und 1:57. Je spröder ein Stein ist, desto größer ist seine Druckfestigkeit gegenüber der Zugfestigkeit; je zäher, desto mehr wächst die Zugfestigkeit gegenüber der Druckfestigkeit.

Die Zugfestigkeit schwankt auch bei einem und demselben Stein mit dem verschiedenen Grade der Trockenheit oder Durchnässung. Wasserfette Steine verlieren stets an Zugfestigkeit, und dieser Verlust an Festigkeit kann bei Gesteinen mit erweichendem Bindemittel so groß werden, daß der Zusammenhang unmittelbar gefährdet erscheint.

Braun ⁹⁾ hat auf diese Tatsache eine Bestimmung der Frostbeständigkeit gegründet. Danach ist ein Stein zerfriert, wenn seine Zugfestigkeit in wasserfattetem Zustande geringer ist als die Expansionskraft des in seinen Poren im Moment des Gefrierens enthaltenen Wassers.

Die vom gefrierenden Wasser entwickelte mechanische Arbeit wird von *Braun* auf 33,68 Kilogr.-Meter angegeben.

Die Zugfestigkeit ist aber auch in unmittelbarer Abhängigkeit vom Querschnitt und von der Form des Probestückes, wie *Hartig* an Zementkörpern nachgewiesen hat. Beim Anstellen von Zugproben, die vergleichbar sein sollen, sind deshalb einheitlicher Querschnitt und einheitliche Form notwendig. Am geeignetsten erscheint hierzu die bei den Zementprüfungen eingeführte Achtform mit 5^{cm} Zerreißquerschnitt. Die Proben werden annähernd doppelt-schwalbenschwanzförmig gestaltet und behufs genauer Einspannung in einer Zementform von bestem Portlandzement oder noch besser von *Sorel'schem* Magnesia-zement gegossen und nach entsprechender Erhärtung auf dem *Michaëlis'schen* Zugfestigkeitsapparat zerrissen.

Nach dem Gesagten muß abgeraten werden, natürliche Gesteine bei Bauten auf Zug in Anspruch zu nehmen.

Bei künstlichen Steinen stimmen die Zugfestigkeiten, entsprechend der sorgfältigen Mischung und Anfertigung, viel genauer überein und wechseln bei gebrannten künstlichen Steinen je nach der physikalisch-chemischen Zusammensetzung und der Verdichtung beim Brande. Backsteine zeigen 25 bis 50^{kg} Zugfestigkeit; bei Klinkern steigt dieselbe bis auf 100^{kg} für 1^{cm}.

11.
Druckfestigkeit.

Öfter als die Zugfestigkeit wurde die bei weitem häufiger ausgenutzte Bruchfestigkeit, am meisten jedoch die Druckfestigkeit der Steine ermittelt.

Die Bestimmung der Druckfestigkeit von Stein ist die wichtigste Prüfung, da die Beanspruchung auf Druck in den weitaus meisten Fällen allein für die Auswahl maßgebend ist und aus der Druckfestigkeit meist auch mittelbare Schlüsse auf die übrigen technischen Eigenschaften gezogen werden können.

Um aber bei Druckfestigkeitsbestimmungen richtige Ergebnisse erhalten zu können, ist es nötig, sich zu erinnern, daß eine und dieselbe Gesteinsorte aus

⁹⁾ Siehe: *Moniteur de la ceramique* 1884, Nr. 4.

einem Bruche sehr verschiedene Grade der Mischung und Lagerung der einzelnen Bestandteile besitzen, daß der Erhaltungsgrad der das Gestein zusammensetzenden Mineralien oder der ganzen Schicht eine wechselnde sein und daß die Porosität schon auf kleinste Entfernungen sich ändern kann.

Ferner sind die Art der Bearbeitung, die Form und Größe der Probestücke, sowie die Art der zur Verfügung stehenden Festigkeitsprüfungsmaschine und die Ausführung der Versuche selbst von wesentlichem Einfluß auf die Ergebnisse.

Auch die Druckfestigkeit der Gesteine wird durch Wasseraufnahme verringert; doch steht diese Verminderung in keinem Verhältnis zur Größe der Wasseraufnahme selbst, so daß es scheint, als würde bei klastischen Gesteinen das erdige oder kalkige Bindemittel dadurch nicht nur einer mechanischen, sondern auch einer chemischen Veränderung unterworfen, welche die Auflockerung der Gemengteile verursacht.

Zur Erlangung einheitlicher, allorts und jederzeit vergleichbarer Ergebnisse hat die internationale Konferenz in Dresden für die einheitliche Bestimmung der Druckfestigkeit von Bausteinen die folgenden Beschlüsse gefaßt.

1) Neben der petrographischen und geologischen Bezeichnung des Steines ist sowohl der Bruch als auch die Bank, denen die Proben entnommen wurden, genau anzugeben. Ebenso die Zeit der Gewinnung, bezw. der Lagerung. Bei starker Bruchfeuchtigkeit hat die Gewinnung in trockener Jahreszeit zu geschehen.

Da es für die Prüfenden unter Umständen schwer ist, die Richtigkeit der Angaben der Antragsteller bezüglich der mineralogischen Bezeichnung der Gesteine zu prüfen, empfiehlt es sich, auf diese Prüfung, sofern nicht das Gegenteil verlangt wird, ausdrücklich zu verzichten und dies im Prüfungszeugnisse auszusprechen; andererseits ist es erwünscht, augenfällige Unrichtigkeiten in der Bezeichnung der Gesteine durch entsprechende Mitteilung an den Antragsteller zu beseitigen.

Ähnlicherweise möge gegebenenfalls auf eine Prüfung der Angaben über den Herkunftsort und über die Bezeichnung derjenigen Bank des Bruches, welcher das Probematerial entnommen ist, verzichtet und im Prüfungszeugnis etwa der Wortlaut gewählt werden: „Der Angabe nach dem Bruche, sowie der Bank entnommen.“

2) Es empfiehlt sich, daß die Prüfenden vor Einleitung der Prüfung die vom Einfender beabsichtigte Art der Verwendung (als Bau- oder Haussteine, als Trottoir-, Schotter- oder Pflastersteine) feststellen und danach, nicht nach dem zufälligen Wortlaut der Bestellung, die Prüfung vornehmen.

3) Steine, welche als Haussteine beim Hoch- oder Tiefbau verwendet werden, sollen auf Druckfestigkeit geprüft werden, und zwar in Würfelform, mit gehobelten Druckflächen ohne Zwischenlagen zwischen den Druckplatten liegend, von denen eine nach allen Seiten hin frei beweglich sein muß.

Die Druckfestigkeit soll je nach dem Verwendungszweck senkrecht oder parallel zum Lager oder nach beiden Richtungen geprüft werden, und zwar für jede Richtung an mindestens 3 Probestücken.

Die Probestücke sollen möglichst groß, entsprechend der Festigkeit des Steines und der Maximalkraft der Maschine gewählt werden; doch reicht für minder feste Steine eine Größe von 10 cm Kantenlänge aus.

4) Außerdem sollen wo möglich an prismatischen Probestücken für von Intervall zu Intervall fortschreitende Drucke die Verkürzungen gemessen werden, um daraus das Arbeitsdiagramm herstellen zu können. In ähnlicher Weise sind Zug- und Biegeversuche anzustellen und zu bewerten.

5) Die Probekörper sollen im vollkommenen, bei einer Temperatur von 30 Grad C. bis zum konstanten Gewicht getrockneten Zustande zur Verwendung kommen.

6) Es soll stets das spezifische Gewicht (Gewicht der Raumeinheit, Einheitsgewicht) der Steine ermittelt werden, und zwar nach dem Trocknen bei 30 Grad C.

Für die Abtöcherfestigkeit gilt daselbe, was von der Druck- und Zugfestigkeit bezüglich des Einflusses der verschiedenen Faktoren gelagt wurde.

Die Bestimmung der Bruchfestigkeit kann wegen mangelnder Homogenität und wegen des von Fall zu Fall schwankenden Verhältnisses zwischen Druck- und

Zugfestigkeit nur wenig Übereinstimmung zeigen. Die Ergebnisse sind wenig zufriedenstellend.

Aus der gleichen Ursache ist bei Bausteinen die Bestimmung der Elastizität eine der schwierigsten und in den seltensten Fällen übereinstimmenden Arbeiten. Befriedigende Gesetze ließen sich bisher hierüber nicht finden, da jede Beanspruchung meist schon neben der elastischen Formveränderung eine bleibende Formveränderung hervorruft und eine scharfe Elastizitätsgrenze schwer festzustellen ist.

13.
Formbarkeit.

Nebst der Festigkeit ist die Formbarkeit die hauptsächlichste technische Eigenschaft der Bausteine.

Soweit wir die natürlichen Bausteine in das Auge fassen, ist sie der Ausdruck der Beliebigkeit der starren Masse und zugleich des praktisch nicht überwindbaren Widerstandes gewisser Sorten durch das formende Werkzeug. Die Formbarkeit hängt mit Quantität und Qualität der Festigkeit, mit Härte und Porosität, sowie mit der Einzelstruktur der Gesteine zusammen.

Bei Steinen derselben Gruppe ist stets der technisch härteste auch der tragfähigste, und die wachsende mineralogische Härte, wie sie z. B. bei Kalksteinen mit zunehmendem Gehalt an Kieselsäure auftritt, geht genau parallel mit der wachsenden technischen Härte.

Spröde Gesteine eignen sich für gewisse Bearbeitungszwecke besser als zähe, da durch Stoß größere Partien losgetrennt werden können, während man zähe, namentlich Hornblendegesteine und Serpentin, nur schneiden oder dreheln kann, wenigstens nach dem heutigen Standpunkte der Steintechnik; denn die alten Inder und Ägypter verstanden es, gerade die zähesten Gesteine, wie Diabas und Basalt, zu Statuen zu formen.

Die Einzelstruktur ist von großem Einflusse auf die Brauchbarkeit bezüglich der Formgebung. Danach sind lagerhafte Steine mit Schichtflächen oder parallelen Ablonderungsflächen von nicht lagerhaften, unregelmäßig brechenden Steinen zu unterscheiden. Von den ersteren können nur die quaderförmig brechenden Steine von möglichst gleichartigem festen Gefüge als vertrauenswürdigen und formbares Quadermaterial gelten, während die plattenförmig brechenden, bzw. schieferigen Gesteine dazu nicht brauchbar sind. Geht nämlich die Lagerhaftigkeit zu sehr in das Einzelne oder sind, petrographisch gesprochen, die Schichten dünnflächig oder die Ablonderungsflächen dünnplattig, so daß sie sich der Schieferstruktur nähern, so eignen sich solche Steine nicht mehr zu Quadern, und zwar weder zu feinerer, ornamentierter und profilierter Arbeit, noch selbst zu ebener, glatter Arbeit. Denn der größere Unterschied zwischen dem stärkeren Zusammenhang im Verlaufe der Lagerflächen und dem schwächeren senkrecht dazu, also im Sinne einer Trennung der Platten, erzeugt bei der normalen Bearbeitung, sobald der trennende Stoß sich über eine Plattungs- oder Schichtungsfläche hinauspflanzt, stets geneigte Flächen statt der beabsichtigten lotrechten. Ähnliches ist bei der einseitig orientierten oder gestreckten Struktur der Fall, wie sie bei manchen Granuliten und Graniten vorkommt, wo die Spaltung nach dem Hauptbruche und Querbruche gut gelingt, nicht aber nach dem Längsbruche.

Handelt es sich um das Formen größerer Werkstücke, Säulen oder Figuren, so ist bei Schichtgesteinen von blättrig-schieferiger Struktur stets der größte Nachdruck darauf zu legen, daß sie auf das Lager zu stehen kommen, damit der belastende Druck senkrecht auf die Lagerfläche wirkt; denn die Erfahrung hat ge-

zeigt, daß, entsprechend der geologischen Ablagerungsweise, der Größtwert der Druckfestigkeit parallel zu den dem elementaren Gebirgsdrucke so lange Zeit ausgesetzten Lagerflächen auftritt. Es kommen Fälle vor, daß ein Gestein, wenn seine Lagerflächen lotrecht gestellt werden, bereits unter dem vierten Teil der normalen Tragfähigkeit spaltet. Und doch wird, besonders bei Bruchsteinmauerwerk, oft mit Vorliebe wegen der glatten Verblendung schieferiges Gestein hochkantig vermauert. Daß hierbei auch die Dauerhaftigkeit gefährdet ist, sei nebenbei erwähnt.

Am vorteilhaftesten eignen sich bezüglich der Formbarkeit mäßige Silikatgesteine und mächtige Schichtgesteine, da sie nicht bloß durch das regellose, daher nach allen Richtungen gleichmäßig zusammenhängende Aneinanderlagern der Gesteinselemente innerhalb der homogenen Masse der Absonderung oder Schicht willkürliche Formgebung gestatten, sondern auch bezüglich der möglichen Abmessungen die weitesten Grenzen setzen und die vorteilhafteste Ausnutzung der Druckkraft gestatten. Die feinkörnige Struktur mancher Kalksteine, besonders poröser Sorten und Oolithe, und vieler Sandsteine ist vermöge der leichten Formbarkeit dieser Gesteine bei sonst genügend hoher Festigkeit und Dauerhaftigkeit nicht ohne Einfluß auf die Bauformen des Mittelalters gewesen.

Bei künstlichen Bausteinen ist die Formbarkeit, bzw. die Formgebung, einschließlich der dafür maßgebenden Bedingungen, Sache der Fabrikation. Denn bei der Erzeugung läßt sich — eine richtige Wahl des Rohstoffes und des Erzeugungsverfahrens vorausgesetzt — ohne weiteres die beabsichtigte Form des Bausteines erzielen.

Die Formbarkeit und Bohrbarkeit der Gesteine wird heute sowohl mittels einer Fallvorrichtung, wie mittels einer Drehbohrmaschine gemessen. Hiernach wurden ziffernmäßige Abstufungen der Arbeitshärte aufgestellt.

14.
Bohrbarkeit.

Die wirkliche Arbeitshärte, welche gewissermaßen gleichzeitig durch die Bohr- und Abnutzungsfestigkeit zusammen bestimmt wird, richtet sich nach der Härte der Gemengteile, aus denen das Gestein zusammengesetzt ist, und zugleich nach der Art des Verbandes jener Gemengteile. Gesteine, welche die Härte 6 der *Mohs'schen* Skala übertreffen, lassen sich nur sehr schwer mit dem Stahl bearbeiten und sind deshalb als Baumaterial nicht geeignet. Ein aus verschiedenen Gemengteilen bestehendes Gestein wird eine Durchschnittshärte haben, welche von der Härte der einzelnen Gemengteile und ihrem Mengenverhältnis abhängt, besonders wenn die einzelnen Teilchen sehr klein sind. Bei Gesteinen endlich, deren Gemengteile, wie beim Sandstein, klein und durch ein weiches Bindemittel verkittet sind, werden die einzelnen Teilchen, also hier die Quarzkörner, bei der Bearbeitung nicht zerstört, sondern aus dem Bindemittel herausgeriffen. Deshalb lassen sich bruchfeuchte Gesteine wesentlich leichter bearbeiten als solche, bei denen das Bindemittel später ausgetrocknet und erhärtet ist.

15.
Arbeitshärte.

Die vom Verbands Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine herausgegebene „Denkschrift“⁷⁾ klassifiziert sämtliche Gesteine, geteilt in vier Gruppen nach ihren petrographischen Eigenschaften, nach ihrer Mindestdruckfestigkeit. Die französische Klassifikation enthält nur drei Gruppen, bei denen, außer den petrographischen Merkmalen und der Druckfestigkeit, der Erhaltungsgrad und die Politurfähigkeit ausgedrückt wird. Bei den Pariser Grobkalken ist im besonderen noch die Arbeitshärte durch die Kosten der Bearbeitung von 1 qm Fläche Qualitätsstufen maßgebend.

1) Die „Denkschrift“ unterscheidet:

⁷⁾ Denkschrift über die Einrichtung von Prüfungsanstalten und Versuchstationen von Baumaterialien, sowie über die Einführung einer staatlich anerkannten Klassifikation der letzteren. Herausgegeben durch den Verband Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Berlin 1878.

I. Verfeinerungslofe Felsarten:

Granit, Diorit, Grünftein, Syenit, Syenitgranit, Glimmerschiefer ufw.

Qualität I. Mit dem Meißel schwer oder nicht bearbeitbar, daher meist nur zu Pflasterungsmaterial verwendet: Mindestdruckfestigkeit 1600 kg für 1 qcm.

Qualität II. Ziemlich schwer bearbeitbar, aber doch schon zu Säulen ufw. verwendet: Mindestdruckfestigkeit 1200 kg für 1 qcm.

Qualität III. Gut bearbeitbar und vorzüglich als Haufteinmauerwerk verwendet: Mindestdruckfestigkeit 1000 kg für 1 qcm.

Qualität IV: Für geringere Sorten Baufteine: Mindestdruckfestigkeit 800 kg für 1 qcm.

II. Kalkfteine:

Marmor, Dolomit, Muschelkalk, Nummulitenkalkstein ufw.

Qualität I. Mindestdruckfestigkeit 1000 kg für 1 qcm.

Qualität II. Mindestdruckfestigkeit 800 kg für 1 qcm.

Qualität III. Mindestdruckfestigkeit 500 kg für 1 qcm.

Unter die letzte Grenze fallen nur noch die weichen Kalkfteine jüngerer und jüngster Formation, die zum Teile noch recht gute Baufteine geben, aber wegen der vorkommenden meist sehr großen Unterschiede in Festigkeit und Beständigkeit mit Sorgfalt auszuwählen und sorgfältig zu prüfen sind.

III. Sandfteine.

Qualität I. Mindestdruckfestigkeit 800 kg für 1 qcm. Dahin gehören auch die bis 2000 kg tragenden und kaum mehr bearbeitbaren Grauwacken, Molaffsandfteine und Buntsandfteine bis 1500 kg Druckfestigkeit.

Qualität II. Mindestdruckfestigkeit 600 kg für 1 qcm.

Qualität III. Mindestdruckfestigkeit 400 kg für 1 qcm.

Qualität IV. Mindestdruckfestigkeit 200 kg für 1 qcm.

Unter letzterer Mindestzahl wechselt die Festigkeit und Beständigkeit der Sandfteine ungemein mit der Güte des Bindemittels, und beim Gebrauch solcher Steine ist mit größter Sorgfalt zu verfahren.

IV. Konglomerate, Tuffe ufw.

Qualität I. Mindestdruckfestigkeit 400 kg für 1 qcm.

Qualität II. Mindestdruckfestigkeit 250 kg für 1 qcm.

Qualität III. Mindestdruckfestigkeit 150 kg für 1 qcm.

2) Französische Klassifikation.

A. Granitische Gesteine.

a) Polierbare, härteste, schwer zu bearbeiten:

1) Feinkörnig und regelmäßig mittelkörnig; Druckfestigkeit 1000 bis 1500 kg für 1 qcm.

2) Grobkörnig und porphyrisch; Druckfestigkeit 700 bis 1000 kg für 1 qcm.

β) *Granits alterés*, nicht polierbare, angewitterte:

a) Feinkörnig, halbpoluturfähig; Druckfestigkeit 600 bis 900 kg für 1 qcm.

b) Grobkörnig und porphyrisch; Druckfestigkeit 400 bis 600 kg für 1 qcm.

B. Kalke.

a) Feste Kalke; Einheitsgewicht 2,4 bis 2,8; Druckfestigkeit 200 bis 1200 kg für 1 qcm.

Diese werden unterteilt in:

a) Poluturfähige, Marmore; Einheitsgewicht 2,6 bis 2,8; Druckfestigkeit 700 bis 1200 kg für 1 qcm.

b) Nicht politurfähige, dichte Kalke; Einheitsgewicht 2,4 bis 2,6; Druckfestigkeit 200 bis 800 kg für 1 qcm.

β) Weichere Kalke; Einheitsgewicht 1,4 bis 2,2; Druckfestigkeit 20 bis 200 kg für 1 qcm.

a) Halbharte, mit der Sandfäße zu schneiden; Einheitsgewicht 1,8 bis 2,2; Druckfestigkeit 100 bis 200 kg für 1 qcm.

b) Ganz weiche, mit der Zahnfäße zu schneiden; Druckfestigkeit 20 bis 100 kg für 1 qcm.

Die Parifer Grobkalke im besonderen werden noch in weitere Klassen abgeteilt, und zwar nach ihrer Arbeitshärte.

α) Harte Steine; Bearbeitung 8 bis 10 Franken für 1 qm; Einheitsgewicht 2,2 bis 2,4; Druckfestigkeit 200 bis 600 kg für 1 qcm.

- β) Gewöhnliche harte (*Bancs francs*); Bearbeitung 6 Franken für 1 qm; Einheitsgewicht 2,0 bis 2,3; Druckfestigkeit 150 bis 400 kg für 1 qcm.
- γ) Halbharte; Bearbeitung 4 Franken für 1 qm; Einheitsgewicht 1,8 bis 2,0; Druckfestigkeit 100 bis 200 kg für 1 qcm.
- δ) Weiche (*Bancs royales*); Bearbeitung 2,75 Franken für 1 qm; Einheitsgewicht 1,6 bis 1,8; Druckfestigkeit 70 bis 120 kg für 1 qcm.
- ε) Ganz weiche; Bearbeitung 2 Franken für 1 qm; Einheitsgewicht 1,4 bis 1,7; Druckfestigkeit 40 bis 90 kg für 1 qcm. Noch weichere Steine werden nicht verwendet.

C. Sandsteine.

- α) Harte, wenig poröse, auf frischer Bruchfläche einen Wassertropfen erst in 1 Minute einlaufend; Einheitsgewicht 2,1 bis 2,5; Druckfestigkeit 350 bis 780 kg für 1 qcm.
- β) Weiche, poröse, Wassertropfen unmittelbar einlaufend; Einheitsgewicht 1,9 bis 2,1; Druckfestigkeit 80 bis 300 kg für 1 qcm.

Konglomerate und Tuffe erscheinen als keine besondere Gruppe ausgeschieden, und nur Lavatuffe mit dem Einheitsgewicht von 2,00 bis 2,18 und der Druckfestigkeit von 300 bis 500 kg für 1 qcm sind angeführt.

Die Abnutzbarkeit oder der Grad des Widerstandes gegen oft wiederholte Beanspruchung auf Druck und Reibung ist für die Wahl von Pflasterungsmaterial, Treppenstufen und dergl. entscheidend. Die Abnutzungshärte hängt nicht mit der mineralogischen Härte unmittelbar zusammen, sondern ist durch Zähigkeit und Widerstand gegen Lostrennung der Oberflächenteilchen in erster Linie bedingt. Je gleichmäßiger der Zusammenhang der Gesteinsbestandteile ist, desto weniger Veranlassung zur Lostrennung ist vorhanden. Daraus folgt, daß man Sandsteine, deren Gemengteile durch ein weiches Bindemittel zusammengehalten werden, nicht zu Treppenstufen verarbeiten kann. Aber auch zur Verkleidung von Bauwerken ist ein solches Material in sandreichen Gegenden nicht zu gebrauchen, weil der vom Winde fortgewehrte Sand wie derjenige eines Sandstrahlgebläses wirkt und alle scharfen Formen abrundet und zerstört. Bei aus verschiedenartigen und -harten Gemengteilen zusammengesetzten Gesteinen werden die härteren Stellen Erhöhungen bilden; polierte Materialien werden abgegliffen usw.

16.
Abnutzbarkeit.

Die Abnutzbarkeit der Gesteine wird mittels der Abschleifmaschine bestimmt. Bei sorgfältiger Behandlung sind die durch sie erzielten Ergebnisse sehr übereinstimmend.

Die Ausdehnung durch die Wärme ist ebenfalls ein wichtiger Faktor bei der Beurteilung von Bausteinen und insbesondere bei ihrer Verbindung zu Konstruktionen. Schon in ihrer ursprünglichen Lagerung werden manche Steine durch rasche Temperaturunterschiede dem Verfall entgegengeführt, und das Gleiche tritt bei fertigen Konstruktionen ein, insbesondere bei Feuerungsanlagen der Großindustrie.

17.
Ausdehnung
durch
die Wärme.

Die Ausdehnungsziffer (-Koeffizient) durch die Wärme ist bei Bausteinen entsprechend der sehr wechselnden Zusammensetzung in Art, Größe und Lage der einzelnen Gesteinselemente sehr verschieden. Es gibt Bausteine, die eine höhere Ausdehnungsziffer haben als Eisen und andere, bei denen sie bedeutend geringer ist. Eigentümlich ist das Verhalten mancher Gesteine, wenn sie bruchfeucht den heißen Sonnenstrahlen ausgesetzt werden. So zerprangen beim Bau der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg aus den Brüchen bei Miltenberg a. M. stammende rote Sandsteine in der Sonnenhitze ebenso wie andere Gesteine bei Frostwetter.

Die Dauerhaftigkeit ist nächst der Festigkeit das wichtigste Erfordernis für einen guten Baustein. Sie wird durch folgende Ursachen beeinträchtigt:

18.
Dauerhaftigkeit.

- 1) Durch mechanische Angriffe des Wassers (Regen, Wellenschlag usw.) oder fester Körper, z. B. Sand (siehe oben Art. 16).

- 2) Durch chemische Einwirkungen.
- 3) Durch pflanzliche Lebewesen, Algen, Flechten, Moole usw., welche durch ihr Wasseraufnahmungsvermögen die Steine feucht halten, auch Staub und Ruß sammeln und vermodern; sie bilden schließlich eine Humusschicht mit deren Säuren oder Salzen, welche das Material angreifen. Aber auch das Eindringen von Wurzeln in feine Spalten und das Keimen von Sporen darin kann die Haarrisse des Steines erweitern, wobei Frost dann das übrige tut.
- 4) Fortwährender Temperaturwechsel, welcher das Gefüge der Steine allmählich lockert; und endlich
- 5) die Frostwirkung des Wassers.

In erster Linie ist die chemisch-physikalische Beschaffenheit des Gesteines für seine Dauerhaftigkeit maßgebend. Die verschiedenen chemischen Bestandteile der ein Gestein bildenden Mineralien bedingen eine verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung der Atmosphärien und die Temperaturschwankungen.

Sauerstoff, Wasser, Kohlensäure und die Verwesungserzeugnisse organischer Körper sind demnach nebst der zerstörenden Kraft von Frost und Hitze, die Agentien, denen auf die Länge gar kein Stein zu widerstehen vermag. Am dauerhaftesten sind jene Steine, welche entweder bloß aus Kieselsäure bestehen oder bei denen wenigstens Kieselsäure ein Hauptgemengteil ist; also Quarzite, Grauwackenschiefer, quarzreiche Granite, sowie Quarzporphyre und manche Tonerzeugnisse. Bei diesen hängt infolge der Unempfindlichkeit der chemischen Bestandteile gegen die Atmosphärien ihre Dauerhaftigkeit mit der Zusammenhangskraft ihrer Gesteinselemente oder mit der Größe der Zugfestigkeit nach allen Richtungen hin zusammen. Zugleich ist hierbei der Grad von Porosität und die Art der Porosität von Einfluß. Äußerst feinporige, aber zerstreutporige, namentlich wenn die Poren nach einseitigen Hauptrichtungen orientiert sind, werden eher von Frost zersprengt als groß- und dichtporige, deren Porenräume nach allen Richtungen kommunizieren.

Nächst der Kieselsäure widerstehen manche Silikate sehr gut, besonders Kalifeldspath, Natronfeldspath, Hornblende und Augit, obwohl sie bereits durch kohlenäurereiches Wasser unter Abcheidung von Kieselsäure verwittern. Syenit und Diorit gehören hierher.

Die Glimmer sind zwar chemisch sehr indifferent, zerlegen sich jedoch infolge ihrer außerordentlich leichten Spaltbarkeit durch den Frost leicht in Spaltungsblättchen und verleihen ihrem Muttergesteine nebst der großen Neigung zur Schieferfraktur, besonders bei gleichzeitiger Porosität und geringer Zugfestigkeit, keine lange Dauer. Werden z. B. Sandsteine mit infolge ihres Glimmergehaltes schieferigem Gefüge lotrecht zum Bruchlager verwendet, so sprengt das in die Schichten eingedrungene, gefrierende Wasser von Jahr zu Jahr die Sandsteinplättchen ab, bis das ganze Werkstück zerstört ist. Besser halten diese Gesteine aus, wenn die Belastung senkrecht zur Schieferung erfolgt, sie also auf ihr natürliches Lager gelegt sind; denn dann kann das zwischen den Rändern in die Schichten eindringende Wasser sich nach Bedarf ausdehnen und entweichen.

Der kohlenlaure Kalk ist petrographisch außerordentlich verschieden ausgebildet und wird allmählich durch kohlenäurehaltiges Wasser gelöst, sowie von organischen Parasiten teils mechanisch mittels eindringender Wurzelsafern, teils chemisch durch Einwirkung der Humus Säuren zerstört. Jedoch geht diese Zerstörung in vielen Fällen äußerst langsam vor sich und äußert sich meist nur durch

die verfärbenden Anflüge, wenn nicht der kohlenfaure Kalk in amorphem, erdigem Zustande als Bindemittel zwischen kristallinisch-körnigem Kalk vorhanden ist, dadurch die Homogenität aufgehoben wird und gleichzeitig das Gestein mehr oder weniger porös erscheint. Dann wirkt eindringendes Wasser nicht bloß lösend, sondern auch erweichend auf das erdige Bindemittel und befördert in hohem Grade den allmählichen Zerfall. Dies ist besonders bei manchen Oolithen und Foraminiferenkalken der Fall.

Auch manche Silikatminerale, welche kalkhaltig sind, werden durch Kohlenäure und Wasser leicht zerlegt, so besonders der Kalkfeldspath oder Labrador, ein Hauptbestandteil vieler Porphyre, Trachyte und Melaphyre. In solchen Fällen verliert das Gestein, wenn nicht sonst seine der vulkanischen Entstehung entsprechende halbglafige Textur dem lösenden kohlenfauren Wasser zu wenige Angriffspunkte bietet, wesentlich an Wert, da durch die Zerfetzung der Zusammenhang leidet und allmählich feine Porenräume auftreten, die bis zu erdiger Zerfetzung führen. Solche Gesteine verlieren ihre Politurfähigkeit.

Gewisse Nebenminerale und imprägnierende Substanzen verringern ebenfalls manchmal die Dauerhaftigkeit. So wirkt Schwefelkies, wie er besonders im Diorit, manchen Marmoren und Schiefen vorkommt, durch seine Oxydation zu Eisenvitriol zerstörend auf die Gesteine; viele Eisenverbindungen überhaupt oxydieren durch den Einfluß von Sauerstoff höher und bewirken dadurch Farbveränderungen, die ohne merkliche Zerstörungsercheinungen manchmal zugunsten der Schönheit gleich einer Patina auftraten (so bei den rheinischen Buntsandsteinen, beim römischen Travertin), manchmal jedoch raschen Zerfall herbeiführen, z. B. bei manchen roten Jurakalken, ja selbst bei Granit, bei welchem auch an geschützten Stellen die Gemengteile infolge dieses Vorganges nach und nach abgelöst werden. Hingegen erleiden durch organische Substanzen gefärbte Steine meistens unter Erweichung, indem langsame Verwesung derselben durch Oxydation eintritt.

Die gleichen Bedingungen der Dauerhaftigkeit, wie bei den ursprünglichen Gesteinen, gelten für die aus Trümmern regenerierten klastischen Gesteine, deren Hauptrepräsentant der Sandstein ist, und für die keramischen Baustoffe. Die Hauptmasse der Sandsteine besteht aus Quarzkörnern, durch ein Bindemittel verkittet. Die relative Menge und die Art dieses Bindemittels sind demnach, da der Quarz nicht weiter angegriffen wird, für die Dauer entscheidend, soweit es die chemischen Agentien betrifft. Quarziges, kalkiges und eisenschüßliges Bindemittel kann selbst bei starkem Vorwalten noch einen dauerhaften Sandstein geben, wenn nicht zu große Porosität mit vorhanden ist. Hingegen ist kaolinisches und insbesondere mergeliges und toniges Bindemittel dasjenige, welches am meisten Vorlicht vor dem Gebrauche einflößen soll. Bei den klastischen Gesteinen erscheinen Zugfestigkeit und Porosität am funktionellsten mit der Dauerhaftigkeit verbunden. Sowie die chemisch-physikalische Beschaffenheit je nach den verschiedenen Gesteinsgruppen auf die Dauer von Einfluß ist, so ist, wie schon angedeutet, besonders auch die Struktur und der Porositätsgrad in dieser Beziehung maßgebend.

Da bei einer und derselben Gesteinsgruppe mit verschwindender Porosität der Unterschied zwischen Eigengewicht und Raumbgewicht verschwindend wird und andererseits dabei die Kohäsionskraft ihren Größtwert erreicht, so ist es erklärlich, daß im allgemeinen bei einer Gesteinsgruppe höchstes Gewicht, größte Festigkeit, geringste Porosität oder größte Homogenität auch auf die größte Dauerhaftigkeit hindeuten, und daß bei gemengten Gesteinen gleichmäßig feinstes, porenloses Ge-

füge größere Dauer verspricht als grobkörniges oder schieferiges Gefüge. Schieferige Gesteine widerstehen nur auf dem Hauptbruche, wo sie glatte Flächen, also keine Angriffspunkte für Abflorion bieten, je nach ihrer sonstigen Natur, während sie in den Spaltungs-Querbruchflächen oft tief hinein zerstört erscheinen, wenn diese den Infiltrationen der Atmosphärrillen ausgesetzt waren.

Ein weiterer Faktor der Dauerhaftigkeit ist die verschiedene Ausdehnungsziffer in der Wärme. Verschiedene Mineralien, namentlich verschieden gefärbte, zu einem Gestein verbunden, können unter Umständen zur Zerstörung desselben führen.

Die Temperaturschwankungen in einer Reihe von Höchst- und Mindestwerten können durch Zugwirkungen ganz genau zum Ausdrucke des *Wöhler'schen* Gesetzes werden, und es unterliegt keinem Zweifel, daß es auf Grundlage dieses Gesetzes gelingen wird, die brennende Frage der Dauerhaftigkeit auch in besonderen Fällen befriedigend zu lösen.

Es ist zwar der günstigen Wirkung der Homogenität schon gedacht worden; jedoch erübrigt noch, hinzuzufügen, daß die Homogenität im großen wieder mit der geologischen Lagerung zusammenhängt. Störungen in der Ablagerung: steil geneigte oder gefaltete Schichten, Verwerfungen und dergl. — bringen regelmäßig Unterbrechungen des Zusammenhanges, Spalten, Rutschflächen, Spiegel usw. hervor, welche häufig nur dem geübten Auge kennbar sind und in örtlicher Beziehung oft ein sonst dauerhaftes Gestein zerfrierbar machen. Die Adern der Marmore sind in den meisten Fällen ausgefüllte Spalten, und es ist auch bei diesen häufig Voricht nötig.

Hingegen können andere, sonst leicht verwitterbare Gesteine, namentlich Tongesteine, Mergel, Tuffe usw. gerade durch geologischen Druck so zusammengedrückt vorkommen, daß sie alle Eigenschaften eines ursprünglich entstandenen kristallinen Gesteins annehmen und bewahren. Insofern ist auch das geologische Moment selbst vor dem chemischen zu berücksichtigen.

Örtliche Lage und Verwendung wirken auch nicht wenig auf den Bestand der Gesteine ein. Es ist bekannt, aber leider nicht oft gewürdigt, daß Gesteine, welche sich im Süden vortrefflich erhalten haben, unserem zwischen extremen Temperaturen schwankenden Klima nicht widerstehen, daß aber eben dieselben Gesteine im viel trockeneren nordischen Klima wieder ganz vortrefflich ausdauern.

Es ist verkehrt, zu glauben, ein Stein von zweifelhafter Dauerhaftigkeit werde an der Sonnenseite eher aushalten als an der Nordseite, da im Gegenteile der Wechsel zwischen Hitze und Abkühlung, Trockenheit und Durchfeuchtung immer zerstörender einwirkt als gleichmäßig ungünstige Lage.

Wichtig ist es auch, zu berücksichtigen, daß in einer Fabrikstadt-Atmosphäre die Art der Schornsteingase auf die Auswahl der Bausteine bezüglich ihrer Dauerhaftigkeit von Belang ist. So dürfen dolomitische und Kalksteine, sowie viele Ton-schieferarten in solchen Gegenden nicht auf lange Dauer rechnen. Nicht minder ist es keineswegs gleichgültig, welche Steine man zu Wasserbauten, besonders an der Wassergrenze verwendet, und es ist allbekannt, daß die Auswahl von feuerfesten Steinen für Heizanlagen zu Fabrikszwecken nicht sorgfältig genug getroffen werden kann.

Es ist selbstverständlich, daß auch der Erhaltungsgrad eines Steines vor seiner Verwendung maßgebend ist. Granit kann bereits so verändert und „verfault“ sein, daß er kein wetterbeständiges Material mehr abgibt, wie manche glaziale Gelschiebe dartun oder wie so häufig an neueröffneten Steinbrüchen zu sehen ist.

So wichtig es daher ist, frisches, d. h. unverwittertes, aus dem Inneren des Berges stammendes Gestein zu verwenden, so sehr ist bei manchen Steinarten vor der Verwendung frischgebrochenen und daher bruchfeuchten Materials zu warnen, besonders wenn daselbe bei beginnender Frostzeit zum Vermauern kommen soll.

Bruchfeuchtigkeit kommt, wie schon der Name andeutet, nur bei natürlichen Steinen in Betracht. Es wird damit das Porenwasser bezeichnet, welches alle feinsten Poren der Gesteine erfüllt und das erst allmählich nach der Bearbeitung durch die der Luft ausgesetzten Flächen verloren geht. Bei porösen Steinen wird die Menge der Bruchfeuchtigkeit so bedeutend, daß die Gesteine im bruchfeuchten Zustande ganz weich und leicht zu bearbeiten sind. Nach einiger Zeit in Luft und Sonne verliert sich die Feuchtigkeit; der Stein wird auffallend härter und porenärmer, so daß er erheblich schwieriger zu bearbeiten ist. Dies findet stets bei porösen Kalksteinen und bei Sandsteinen mit kalkigem Bindemittel statt. Die Bruchfeuchtigkeit ist mit gelöstem kohlensaurem Kalk gesättigt; durch die Verdunstung des Lösungswassers wird er allmählich abgelagert, und zwar in fester, wahrscheinlich kristallinisch werdender Form. Dadurch steigert sich natürlich Dichtigkeit und Arbeitshärte, zugleich aber auch die Tragfähigkeit. Durch Versuche ist vielfach nachgewiesen, daß bruchfeuchte Steine kaum $\frac{2}{3}$ der Last trockener Steine derselben Gattung zu tragen vermögen.

Dazu kommt noch, daß das Porenwasser als immer konzentriertere Lösung sich an den unteren und inneren Partien des Steines anammelt und bei eintretendem Frost gerade an der am meisten belasteten, also ohnehin schon einer Dilatationskraft ausgesetztesten Stelle seine zerfpaltende Wirkung äußert. Es ist daher völlig gerechtfertigt, wenn der Gebrauch besteht, frisch gebrochene Steine mindestens ein paar Monate vor dem Vermauern dem Austrocknen zu überlassen, und noch ratfamer wäre es, wenn dies auch mit öfterem Umkanten verbunden wäre, um das Austrocknen und damit die Erhöhung der Tragkraft gleichmäßig zu verteilen.

Wenn behauptet wird, daß gewisse Steine, namentlich Marmorarten, nicht bei Vollmond gebrochen werden dürfen, weil sie sonst springen, so mag dies mit der stärkeren Strahlung bei heiterem Vollmondhimmel und der damit eintretenden ungewöhnlichen Temperaturerniedrigung des innen ohnedies nur die Bodentemperatur besitzenden Blockes zusammenhängen; denn gerade feinporige und spröde Gesteine zeigen sich gegen Frost oft empfindlicher als porösere und weichere.

Von größtem und verderblichstem Einfluß ist oft der Mörtel auf die mit ihm vergossenen Gesteine. Vorläufig ist erst erwiesen, daß schwefelsauren Kalk enthaltende Sandsteine durch Zement- oder Traßmörtel leiden, weil sich Natriumsulfat (Glauberfals) bildet, welches auskristallisiert und dabei die Sandkörnchen abstößt. An trockener Luft zerfallen die Kristalle zu einem weißen Pulver von wasserfreiem Salz, welches sich wiederum mit dem Gips verbindet, so daß die Zerstörung des Gesteines ohne Unterbrechung fort schreitet. Ein ähnlicher Vorgang wurde bei dem unter dem Namen „Belgischer Granit“ bekannten unteren Kohlenkalk von *Poulsfeur* beobachtet. Nur wo das Mörtelwasser den Stein durchdringen kann, also in der Nähe der Fugen und bei dünnen Platten, zeigen sich die Zerstörungen, während der mittlere Teil der Quader und stärkere Platten davon verschont bleiben.

Aus dem bisher Vorgeführten ergibt sich, daß Dauerhaftigkeit und Wetterbeständigkeit zum Teile gleichbedeutend sind. In unserem Klima treten die gesteigerten Angriffe des gefrierenden Wassers als Frostwirkung hinzu, und man

19.
Frost-
beständigkeit.

kann mit Recht bis zu einem gewissen Grade einen frostbeständigen Stein auch wetterbeständig oder dauerhaft nennen.

Die Frostbeständigkeit eines Materials festzustellen, ist deshalb eine wichtige technische Aufgabe, wenn es sich um die Auswahl für der Witterung ausgesetzte Konstruktionen handelt. Die Methode von *Brard*, mit Glaubersalzlösung die Frostwirkung nachzuahmen, ist unbrauchbar; denn *Lunge* hat nachgewiesen, daß kristallisierendes Glaubersalz sich zusammenzieht, also seinen Rauminhalt vermindert, während kristallisierendes Wasser bekanntlich eben durch die dabei eintretende Inhaltsvergrößerung so energisch wirkt. Der Frostwirkung am meisten ausgesetzt sind alle schiefrigen, blätterigen, leicht spaltbaren Gesteine oder solche, welche derartige Gemengteile haben, dann alle rissigen und porösen Materialien, letztere jedoch mit Ausnahmen; denn nur mit ungleichgroßen oder unregelmäßig auftretenden Hohlräumen behaftete Steine werden der Frostwirkung anheimfallen, während die sehr fein oder gleichmäßig groß porösen, z. B. einige vulkanische Tuffe und die Basaltlaven, derselben gut widerstehen.

Wir haben oben gesehen, daß manche bruchfeuchte Steine weicher sind als völlig ausgetrocknete und geringere Festigkeit besitzen. Tatsächlich ist diese Eigenschaft allen Steinen gemeinsam, nur in mehr oder minder hohem Grade. Auch steht die Herabminderung der Druckfestigkeit in keinem Verhältnis zu der Wasseraufnahme selbst (siehe Art. 11, S. 73). Sind die Porenräume mit Wasser gefüllt, so wirkt die Kapillarkraft im Sinne einer Ausdehnung und Spannung, oder die einzelnen Teilchen stehen um ein geringes weiter voneinander ab; folglich muß auch die Trennung derselben voneinander durch eine geringere Kraft bewirkt werden können, als wenn das Wasser verdunstet ist.

Eine scharfe Bestätigung dieser Tatsache liefern die genauen Messungen von *Schumann* an verschiedenartigen Steinen. Unter Wasser dehnen sich die Gesteine aus; beim Trocknen schwinden sie. Ebenso scharf hat zuerst *Hauenschild* die Abminderung der Festigkeit im wasserlatten Zustande nachgewiesen. Bei zweifellos frostficheren Gesteinen beträgt diese Abminderung nur wenige Prozente. So verlieren⁸⁾ Basalt 2 Vomhundert, Grauwacke 4 Vomhundert, Quarzite 2 Vomhundert, kristallinische Kalke 6 Vomhundert, Sandsteine bester Sorte 3 Vomhundert, Granite 8 Vomhundert und Grünsteine 10 Vomhundert der Trockenfestigkeit im wasserlatten Zustande. Dagegen büßen klastische Gesteine mit mergeligem oder erdigem Kalkbindemittel, insbesondere manche Sandsteine und Oolithe, 50 bis 60 Vomhundert an Festigkeit ein.

Letztere Tatsache hat *Tetmajer* zur Aufstellung einer Beständigkeitsziffer benutzt, welche das Verhältnis der Trockenfestigkeit zur Naßfestigkeit als Quotient η darstellt.

Für Trümmergesteine setzt er 3 Stufen fest:

- | | | | |
|------|-------------------------|--------|--------|
| I. | Größter Wert von η | = | 1,3, |
| II. | " " " | η | = 1,6, |
| III. | " " " | η | = 2,0. |

Letztere Stufe, welche im Wasser bis zur Hälfte an Druckfestigkeit abnimmt, hält er mit Recht bei Verwendung im Freien für sehr verdächtig. *Hauenschild* hatte an den Oolithen von Riva nachgewiesen, daß die Festigkeit nach vielmaligem Gefrieren im wasserlatten Zustande immer mehr abnimmt, und der Münchener Konferenz empfohlen, die Prüfung auf Frostbeständigkeit nur durch wirkliches Ge-

⁸⁾ Siehe: Mitteilung über die Wegebaumaterialien der Provinz Hannover. Hannover 1884.

frierenlassen der nassen Steine vorzunehmen. Infolgedessen wurden von der ständigen Kommission folgende Beschlüsse gefaßt: „Die Prüfung auf Frostbeständigkeit hat, da die Wasseraufnahme, sowie der Frostangriff von der Oberflächengröße abhängig sind, an Probestücken von einheitlicher Größe stattzufinden und wird dafür 7^{cm} Kantenlänge bestimmt. Nur bei sehr harten Steinen sind ausnahmsweise geringere Abmessungen zulässig; doch unterliegt bei solchen die Frostbeständigkeit nur selten einem Zweifel.“

Die Frostprobe besteht:

1) In der Ermittlung der Druckfestigkeit der wassergefüllten Steine und deren Vergleichung mit der Trockenfestigkeit.

2) In der Ermittlung der Druckfestigkeit der wieder getrockneten Steine nach 25maligem Gefrieren und Wiederauftauen und deren Vergleichung mit der Trockenfestigkeit.

3) In der Ermittlung des Gewichtsverlustes der 25mal gefrorenen Steine, wobei die durch das Gefrieren mechanisch abgetrennten und die in einer bestimmten Menge Wasser löslichen Bestandteile zu berücksichtigen sind.

4) In der Befichtigung der gefrorenen Steine unter Zuhilfenahme der Lupe, wobei besonders zu beachten ist, ob Risse oder Absplitterungen eintraten.

Empfehlenswert ist dabei das *Bolton'sche* Verfahren, die Versuchsergebnisse aus alten Gebäuden stammender, dem Wetter jahrelang ausgesetzter Bausteine mit denjenigen von frisch gebrochenen Steinen aus dem gleichen Bruche zu vergleichen.

Es wurde oben schon angedeutet, daß die Frostbeständigkeit und Wetterbeständigkeit nur bis zu einem gewissen Grade zusammenfallen; denn die bereits erwähnten Einflüsse der Bestandteile der Luft, die Rauchgase usw. einerseits und der verschiedene Grad der Widerstandsfähigkeit der chemischen und physikalischen Eigenschaften eines Gesteines bleiben außer der Frostwirkung, wenn auch nicht stets, so akut in Tätigkeit. Bei manchen Gesteinen, z. B. einzelnen Kalksteinen, Sandsteinen mit tonigem oder kalkigem Bindemittel, Sanidin enthaltenden Trachyten usw. tritt die Frostwirkung erst ein, nachdem das Wasser chemisch vorgearbeitet und Angriffspunkte für den Frost geschaffen hat.

Ein Verfahren scheint hierbei an dieser Stelle erwähnenswert, das gleichzeitig den Einfluß von Dämpfen schwefeliger Säure nachweist, wie sie tatsächlich Schornsteingase enthalten, und das nach Versuchen von *Brunner* in Lausanne⁹⁾ an Dachschiefen praktisch sich bewährt hat. Es stammt von *Fresenius* und besteht darin, den zu prüfenden Stein in geschlossenen Gefäßen den Dämpfen schwefeliger Säure auszusetzen. Verwitterbare Kalkbestandteile sollen hierbei raschen Zerfall herbeiführen.

Die künstlichen Bausteine und insbesondere die Ziegel- oder Backsteine sind bezüglich ihrer Dauerhaftigkeit den gleichen Einflüssen und Bedingungen unterworfen, wie die natürlichen Bausteine. Die Konferenzbeschlüsse über die einheitliche Prüfung derselben auf Dauerhaftigkeit erstrecken sich auf:

1) Bestimmung der Frostbeständigkeit analog dem Gefrierverfahren wie oben.

2) Bestimmung des Vorhandenseins löslicher Salze durch Auslaugen einer Durchschnittsprobe von 25 g zwischen Sieben von 900 und 4900 Malchen für 1^{cm} gewonnenen Pulvers mit 250^{ccm} destillierten Wassers. Die Probe wird unter Ersatz des Wassers 1 Stunde gekocht, filtriert, das Filtrat verdampft, der Rückstand schwach gegläht und gewogen und in Prozenten vom Steingewicht berechnet.

⁹⁾ Über die Wertbestimmung der Dachschiefer. Schweiz. Wochschr. f. Pharmacie 1889, Nr. 10.

3) Die Bestimmung von kohlenfreiem Kalk, Schwefelkies, Marienglas usw. Wenn sich im Rohmaterial solche schädliche Mineralien nachweisen lassen, ist der fertige Stein unter $\frac{1}{4}$ Atmosphäre Überdruck 3 Stunden lang in einem *Papin'schen* Topf zu kochen und dann auf Sprünge und Abplitterungen zu untersuchen¹⁰⁾.

20.
Porosität.

Die Bestimmung der Porosität, jener so hochwertigen Eigenschaft der Bausteine in bezug auf ihre Festigkeit, ihr Gewicht, ihre Dauerhaftigkeit und namentlich auch ihre gesunde Wirkung als Träger natürlicher Lüftung, kann auf verschiedene Weise geschehen, am einfachsten durch Tränkung eines gewogenen Steines unter Wasser und prozentuelle Bestimmung der Gewichtszunahme, empirisch sogar nach dem in Frankreich üblichen Verfahren, daß auf die trockene Fläche ein Wassertropfen fallen gelassen wird; wird derselbe sofort oder längstens in 1 Minute aufgelogen, so nennen die Franzosen einen solchen Stein porös.

Scharf sind die Bestimmungen von *Lang*¹¹⁾, von denen wir eine Anzahl anführen wollen in Vereinigung mit Bestimmungen in der Versuchstation von *Hauenschild*. Die zu prüfenden Gesteine werden zuerst bei 100 Grad getrocknet, nach dem Abkühlen gewogen und an Fäden in ein in einem hydraulischen Preßraum befindliches Gefäß gelegt; der Preßraum wird bei völlig auf den höchsten Stand gestelltem Stempel mit Wasser gefüllt und nach aufgeschraubtem Deckel der Stempel bis zum tiefsten Punkt gebracht. Hierdurch wird die Luft aus den Poren rasch verdrängt; beim nachherigen Wasserdruck unter 3 Atmosphären werden jene genau gefüllt, so daß nach 1 Stunde Pressung schon die stets etwa 25% schweren Probekörper an Gewicht nicht mehr zunehmen. Nach beendigter Imprägnierung werden sie äußerlich rasch abgetrocknet und in gewogenen, wohl verschließbaren Gläschen neuerdings gewogen. Die Gewichtszunahme wird in Prozente des Trockengewichtes umgerechnet.

Von *Lang* wird von der Porosität noch die Permeabilität unterschieden und bestimmt, d. h. die Menge Luft, welche unter einheitlichem Drucke in der Zeiteinheit eine Wand von gleichem Querschnitt durchdringt. *Lang* bestimmt die Porosität durch Sieden der Probe steine in destilliertem Wasser. Da aber hierbei für manche Steine Zersplitterung eintritt, welche die Ergebnisse trübt, so verließ *Hauenschild* dieses Verfahren, bei dem man übrigens mit der erwähnten Druckmethode genau gleiche Ergebnisse erzielt.

Mit der Porosität der Steine hängt ihre Hygrokopie zusammen, d. h. die Aufnahmefähigkeit von Wasserdampf aus der Luft, welcher durch die feinsten Porenwege eindringt und sich im Inneren des Gesteines verdichtet, während er an dichten und glatten Stellen der Oberfläche, sowie an den Wandungen größerer Hohlräume als tropfenförmiger Belag erscheint¹²⁾.

¹⁰⁾ Über Frostbeständigkeit der Bausteine siehe:

Bestimmung der Frostbeständigkeit der Baumaterialien nach *Antoine Braun*. *Baugwks.-Ztg.* 1884, S. 385.

BLÜMCKE, A. Über die Bestimmung der Frostbeständigkeit von Materialien. *Centralbl. d. Bauverw.* 1885, S. 379. *Résistance des matériaux de construction à la gelée. La semaine des conf.*, Jahrg. 10, S. 201.

BLÜMCKE, A. *Note sur un procédé pour constater la gélivité des matériaux. Nouv. annales de la conf.* 1886, S. 19.

BLÜMCKE, A. Über die Bestimmung der Frostbeständigkeit der Materialien. *Zeitschr. f. Bauw.* 1887, S. 103.

BLÜMCKE, A. Der Einfluß der Bearbeitung auf die Frostbeständigkeit von Materialien. *Zeitschr. f. Bauw.* 1887, S. 479.

BLÜMCKE, A. Bestimmung der Frostbeständigkeit von Baustoffen. *Centralbl. d. Bauverw.* 1891, S. 359.

SEIPP, H. Die Wetterbeständigkeit der natürlichen Bausteine usw. Jena 1900.

¹¹⁾ Über natürliche Ventilation und Porosität von Baumaterialien. Stuttgart 1877.

¹²⁾ Über die Wasseraufnahmeziffern deutscher Gesteine siehe in: KOCH, H. Die natürlichen Bausteine Deutschlands. Berlin 1892.

Die Porosität der Backsteine, welche mit ihrer Druckfestigkeit in innigster Wechselbeziehung steht, ist von der Natur des zur Erzeugung verwendeten Tones, vom Verhältnis des Tonstoffes zu den Magerungsmitteln und vom Grade des Brennens abhängig. Ist der Ton gefrittet, so daß ein geflossener Scherben entsteht, so ist die Porosität viel geringer, oft nahezu gleich Null, während sie vor dem Fritten bis zum Hartbrand bei gleichem Material sich nicht wesentlich verändert. Das Einheitsgewicht der Tone ist im Schwachbrande vor dem Fritten nach den vergleichenden Untersuchungen *Olfchewsky's* nahezu ganz gleich, nämlich 2,6. Dies gibt ein Mittel an die Hand, den Porositätsgrad von Backsteinen auch ohne die Anwendung des Wassertränkungsverfahrens, welches wir bei den natürlichen Bausteinen angegeben haben, genau zu bestimmen. Das Gewicht P (in Kilogr.) eines Backsteines im trockenen Zustande, dividiert durch den leicht zu messenden Rauminhalt V (in Kub.-Met.), gibt das Gewicht der Raumeinheit $\gamma = \frac{P}{V}$ Kilogramm für 1 ^{cbm}.

Das Einheitsgewicht der Backsteinmasse zu 2,6 angenommen, ergibt sich der gefamte Rauminhalt C aller Hohlräume

$$C = 1 - \frac{\gamma}{2600} \text{ Kub.-Meter.}$$

Da jedoch der Porositätsgrad in Gewichtsprozenten des Wassers ausgedrückt wird, so erhält man für die Porositätsbestimmung der Backsteine

$$C' = \frac{100\,000}{\gamma} \left(1 - \frac{\gamma}{2600}\right) \text{ Vomhundert.}$$

Wir lassen hier zur leichteren Berechnung eine von *Olfchewsky* entworfene Tabelle folgen, aus welcher sich die Zwischenwerte mittels Interpolation leicht bestimmen lassen.

γ	$C = \left(1 - \frac{\gamma}{2600}\right) 100$	$C' = \frac{100\,000}{\gamma} \left(1 - \frac{\gamma}{2600}\right)$
2600 bis 2470	0 bis 5	0 bis 2,02
2470 " 2340	5 " 10	2,02 " 4,27
2340 " 2210	10 " 15	4,27 " 6,79
2210 " 2080	15 " 20	6,79 " 9,61
2080 " 1950	20 " 25	9,61 " 12,82
1950 " 1820	25 " 30	12,82 " 16,48
1820 " 1680	30 " 35	16,48 " 20,83
1680 " 1550	35 " 40	20,83 " 25,80
1550 " 1420	40 " 45	25,80 " 31,69
1420 " 1290	45 " 50	31,69 " 38,74
Kilogr. für 1 ^{cbm} .	Vomhundert.	Vomhundert.

Tatsächlich bewegen sich auch die Raumgewichte, mit Ausnahme der ersten Kolumne, zwischen den hier angeführten Grenzen und infolgedessen auch die Hohlraumprocente. Letztere wurden vielfach auch unmittelbar bestimmt; der mittlere Porositätsgrad guter Backsteine ist dem Gewichte nach 10 bis 20, während poröse Backsteine bis über 50 steigen ¹³⁾.

Das Einheitsgewicht der geflossenen Scherben ist kleiner als das der porösen nicht geflossenen infolge der Umwandlung des Quarzgehaltes von 2,7 Einheitsgewicht in Opal von 2,2 Einheitsgewicht bei etwa 1000 Grad. Da nun dieser sehr verschieden ist, so wechseln auch die Einheitsgewichte der Klinker ufw. bedeutend, und es ist hier das Einheitsgewicht deutlich mit der Festigkeit wachsend. Klinker von 2,25 Einheitsgewicht haben z. B. 700 kg, solche von 2,57 Einheitsgewicht 3704 kg Druckfestigkeit für 1 ^{qcm}.

¹³⁾ Über Porosität der Baustoffe siehe auch:

LANG, C. Über die Porosität einiger Baumaterialien. Zeitschr. f. Biologie 1875, Nr. 313.

LAYET. De la porosité des matériaux de construction, considérée au point de vue de l'hygiène. Revue d'hyg. 1881, S. 461.

Für technische Porositätsbestimmungen genügt das in den Konferenzbeschlüssen über die Frostbeständigkeit angegebene Verfahren.

21.
Wärmeleitung,
spezifische
Wärme und
Feuerfestigkeit.

Schieferige Gesteine leiten die Wärme in der Richtung der Schichten besser fort als lotrecht zu ihnen, während bei Gesteinen, welche aus nach allen Richtungen zusammengefügtten Körnern bestehen, auch die Wärmeleitung ringsum gleichmäßig erfolgt. Nur sehr dichte Gesteine, wie Basalt, haben ein gutes Wärmeleitungsvermögen. Im ganzen ist es jedoch nur gering und am schlechtesten bei sehr porösen Steinen. Es ist auch ungleichmäßig selbst bei Gesteinen der gleichen Art, je nachdem sie einen verschiedenen Ursprungsort haben.

Die spezifische Wärme ist bei den Gesteinen groß und deshalb von Einfluß auf die Wärmemenge, welche von ihnen aufgespeichert und wieder abgegeben werden kann.

Die Feuerfestigkeit kommt beim Ofenbau und bei Bränden in Betracht. Feuerfeste Steine sollen in ersterem Falle einer Hitze bis zu 1800 Grad und auch chemischen Prozessen widerstehen, welche im Ofen etwa vor sich gehen. Solche Steine sind z. B. Quarz, Ton, Graphit usw. Das gleiche ist bei Bränden der Fall. Hierbei zerfällt Kalkstein und auch Sandstein, wenn er ein kalkiges Bindemittel hat, durch den Verlust an Kohlenäure. Andere aus verschiedenen Bestandteilen zusammengesetzte Steine, z. B. Granit, leiden durch ungleiche Ausdehnung der Gemengteile, werden rillig, mürbe und bröckelig. Bei nur teilweiser, starker Erhitzung oder plötzlicher Erkältung, z. B. beim Bespritzen mit Wasser, zerpringen die Gesteine, was bei Bränden besonders gefährlich ist¹⁴⁾.

22.
Härte.

Die Härte ist mineralogisch vom Härtegrade der Hauptbestandteile des Gesteines abhängig und kann mittels der *Mohs'schen* Härte skala nur bei solchen Steinen bestimmt werden, die aus einem einzigen Mineral bestehen. Praktisch und technisch wird jedoch Härte stets je nach der verschiedenen Beanspruchung beurteilt, und man unterscheidet demnach die Bohrhärte oder Gewinnungshärte, die Arbeitshärte und die Abnutzungshärte, über deren Bestimmung schon in Art. 14 bis 16 (S. 75 bis 77) das Nötige mitgeteilt worden ist.

23.
Sprödigkeit,
Zähigkeit
und
Spaltbarkeit.

Das gleiche gilt für die Bestimmung der Sprödigkeit und Zähigkeit, indem auch sie ihren Ausdruck in dem Widerstande gegen Stoß, Druck, Abspaltung und Abschleifung findet und je nach Art und Grad der Beanspruchung als Gewinnungsfestigkeit, Arbeitsfestigkeit oder Abnutzungsfestigkeit zur Geltung und Beurteilung kommt.

Besondere Wichtigkeit gewinnt die Zähigkeit bei der Beurteilung von Pflaster- und Schottermaterialien. Nach dem Vorschlage von *Dietrich*¹⁵⁾ hat die Münchener Konferenz die Verwendung von Drehtrommeln empfohlen, die mit dem Versuchsmaterial gefüllt werden und durch Schlagwirkung und Abschleifung die Wirkung der tatsächlichen Beanspruchung nachahmen sollen. Die Drehtrommeln sollen 0,3^m Durchmesser und 0,5^m Höhe besitzen und drehen sich in geneigten Ebenen. In Frankreich sind solche Drehtrommeln seit längerer Zeit im Gebrauch.

Die leichte Spaltbarkeit schieferiger Gesteine, also besonders der zur Dachdeckung benutzten Chlorit- und Tonchiefer, begünstigt ihre Verwitterung und ihren Zerfall. Auch diese Spaltbarkeit müßte deshalb in den Bereich der Untersuchungen gezogen werden.

24.
Schönheit.

Bereits bei der Formbarkeit der natürlichen Bausteine wurde angedeutet, daß sie in gewissen Fällen auch als ästhetische Eigenschaft auftreten kann. Im all-

¹⁴⁾ Siehe: RINNE, F. Gesteinskunde usw. Hannover 1901.

¹⁵⁾ Siehe: Die Baumaterialien der Steinstraßen. Berlin 1885.

gemeinen sind es indes wesentlich die Struktur, der Glanz und die Farbe, namentlich beim politurfähigen Gestein, welche als unmittelbar ästhetisch wirkende Eigenschaften in Betracht zu ziehen sind. Bei den künstlichen Bausteinen ist das Erzielen schöner Erzeugnisse mit der Fabrikation innig verbunden; das Ergebnis wird in dieser Richtung das vollkommenste sein, wenn der Keramiker mit dem Künstler Hand in Hand geht.

Beim natürlichen Baustein kommt hier zuerst die Struktur in Frage. Je nach dem Zwecke, der verfolgt werden soll, wird ästhetische Wirkung durch grobkörniges, mäßig und felsenhaft wirkendes Gestein erzielt, oder es wird das Weiche der feinkörnigen Struktur, namentlich in Verbindung mit Lutre und Politur, hervorgehoben, wozu noch die Buntheit und Vornehmheit der Farbenpracht kommen. Zur Belebung großer, einem Monumentalbau unentbehrlicher Flächen hat zu allen Zeiten die polychrome Dekoration des bunten Marmors am reizendsten und erfolgreichsten beigetragen. Die Alten nannten alle Gesteine, welche Politur annehmen, Marmor und hielten diese als reiche Schätze der Natur hoch in Ehren.

Die rote Färbung von Sandsteinen rührt meist von Eisenoxyd, die gelbe oder braune von Brauneisenstein her. Man kann deshalb weiße Sandsteine dadurch sehr leicht gelb bis dunkelbraun färben, daß man sie mit einer Lösung von Eisenvitriol in Wasser tränkt. Sie färben sich an der Luft allmählich. Soll der Farbenwechsel sofort vor sich gehen, so muß man sie noch mit Kalkwasser überstreichen, wonach sie zunächst einen schmutzig grünen, sehr bald aber den gewünschten gelben bis braunen Farbenton annehmen.

Gewisse Kalksteine, z. B. der Travertin und auch der parische Marmor, bekommen mit der Zeit unter dem Einfluß der Atmosphärien, wahrscheinlich infolge Verwitterung fein verteilten Eisenkiesels, einen dunkleren, wärmeren Ton, der, weil gleichmäßig, durchaus nicht störend wirkt. Öfter jedoch werden dunkel färbende, organische Bestandteile an der Luft zerlegt und die Gesteine, wie alle dunklen Marmorarten, dadurch außen weißlich gefärbt. Besonders unangenehm ist aber das Auftreten von einzelnen gelben, braunen oder schwarzen Flecken, die von höherer Oxydierung beigemengter Eisenoxyd- oder -Oxydulverbindungen herrühren, z. B. bei Granit, dessen Zerstörung sie auch bewirken können. (Siehe Art. 18, S. 78.)

Manganoxydul, welches einige Sandsteine, besonders auch die berühmten Obernkirchener, Elzer und Mehler enthalten, färbt sie dunkelbraun bis schwarz, so daß selbst tiefer befindliches, helles Material durch herunterlaufendes Regenwasser noch davon verunreinigt werden kann. Allerdings ist diese Färbung insofern unschuldig, als sie nach einigen Jahren infolge der Witterungseinflüsse verschwindet; auch kann man durch Abwaschen mit verdünnter weißer Schwefelsäure dem Übelstande etwas abhelfen.

Die Politurfähigkeit und die Porenlosigkeit hängen auf das engste zusammen, wenn auch die Mineralelemente verschiedene Eignung, spiegelnde Flächen zuzulassen, besitzen, daher verschiedene Grade der Politur gestatten. Im allgemeinen sind jene porenlosen Gesteine am politurfähigsten, deren Bestandteile möglichst gleiche mineralogische Härte besitzen und welche noch keinerlei Zersetzung erlitten haben. Letzteres ist besonders bei Granit und Porphyr in das Auge zu fassen.

Gestalt und Abmessungen der zur Verfügung stehenden Bausteine bedingen die Art des Mauerwerkes. Die natürlichen Bausteine kommen, je nach der größeren oder geringeren Rücksichtnahme auf Ersparnis an den Herstellungskosten des Mauerwerkes, in zweifacher Gestalt zur Anwendung:

1) als Bruchsteine, d. i. entweder in der im Steinbruch erlangten zufälligen Form, welche ganz unregelmäßig oder lagerhaft fein kann, oder unter Bearbeitung der Lagerflächen — lagerrecht bearbeitete Bruchsteine¹⁶⁾; und

2) als regelmäßig (durch den Steinmetz) bearbeitete Bausteine, welche, wenn sie größere Abmessungen haben und deren Lager- und Stoßflächen ganz regelmäßig zugehauen, bzw. zugelägt sind, Werkstücke, Werksteine, Schnittsteine, Hausteine oder Quader heißen, sonst aber Schichtsteine¹⁷⁾ genannt werden mögen.

Die Abmessungen der natürlichen Bausteine sind zunächst durch die Art des Verletzens im Bauwerk bedingt. Geschieht das letztere von Hand, so werden sie, des Eigengewichtes wegen, selten mehr als 60^{cm} Länge und 30^{cm} Höhe bei 30 bis 60^{cm} Breite erhalten. Gewöhnliche Bruchsteine und Schichtsteine haben selten mehr, so daß die größten Steine von 2 Mann mit den Händen ohne mechanische Hilfsmittel gehoben und verlegt werden können. Sonst ist der Größe der Steine durch die Möglichkeit der Beförderung und durch die Leistungsfähigkeit der Hebe- maschinen eine Grenze gesetzt. Des weiteren sind die Abmessungen der Bausteine auch noch von der Mächtigkeit der betreffenden Gebirgsschichten im Steinbruch, der „Bänke“, abhängig. Die Biegefestigkeit der Gesteine ist im allgemeinen nur gering; freitragende Architrave, Stufen, Fenster- und Türsturze vertragen deshalb nur sehr geringe Belastungen und erfordern häufig zum Zweck ihrer Entlastung verwickelte Eisenkonstruktionen.

Die Gestalt und die Abmessungen der künstlichen Bausteine hängen von dem Zwecke, zu dem sie bestimmt sind, von ihrer Natur und Herstellung ab. Sämtliche keramischen Bausteine erhalten ein kleines Format, damit sie beim Brande leicht homogen ausfallen. Betrachten wir an dieser Stelle nur die zur Ausführung gewöhnlicher Mauern benutzten Backsteine, so ist die parallelepipedische Gestalt die allgemein übliche. Zweckmäßige Abmessungsverhältnisse entstehen, wenn, mit Rücksicht auf die Dicke der Stoß- und Zwischenfugen, die Länge der Steine nicht genau ein Vielfaches der Breite bildet, sondern 2 Steinbreiten plus Fugendicke die Steinlänge ausmachen.

b) Natürliche Bausteine.

Die wichtigeren natürlichen Bausteine — ihrem Werte, ihrer Verwendung und ihrer Festigkeit nach — sind in Auswahl etwa die folgenden¹⁸⁾.

1) Eruptivgesteine.

¹⁶⁾
Plutonische
Gesteinsarten.

Granit. Hauptbestandteile: Feldspat, welcher die Farbe gibt, Quarz und Glimmer. Nach der Natur des letzteren und dem Auftreten noch anderer Gemengteile mehrere Abarten, von denen am häufigsten der Biotitgranit oder Granitit. Monumentaltes, politurfähiges Material für Säulen, Sockel, Treppentufen, Wafferrinnen, Brunnen- schalen, Pflasterungen usw. In großen Abmessungen zu gewinnen. Fundorte: Oberägypten (im Alter-

¹⁶⁾ In einem Teile Sachsens und a. O. heißen solche Steine bei größeren Abmessungen „Grundstücke“, bei kleineren „Hurzeln“.

¹⁷⁾ Für das „Handbuch der Architektur“ wurde die Bezeichnung „Schichtstein“, welche in einigen Teilen Deutschlands üblich ist und auch von *Houffelle* (Deutsche Bauz. 1878, S. 14) empfohlen wurde, angenommen. Dieselben wurden unter die Hausteine eingereiht, weil sie an der Anichtsfläche und dem vorderen Teile der Lager- und Stoßflächen vom Steinmetz behauen werden. In Frankreich dagegen werden solche Steine zu den Bruchsteinen — *Moellons* — gezählt. Man unterscheidet dort *Moellons bruts* oder *Moellons ordinaires* und *Moellons piqués* oder *Moellons smillés*; erstere sind das, was man in Deutschland einfach und allgemein Bruchsteine nennt, letztere das, was in einem Teile des westlichen Deutschlands „Moellons“ geheißen wird. Statt der letzteren Bezeichnung wurde das Wort „Schichtsteine“ gewählt.

¹⁸⁾ Ausführlicheres in: HAUENSCHILD, H. Katechismus der Baumaterialien. Teil 1: Die natürlichen Bausteine. Wien 1879 und: KOCH, H. Die natürlichen Bausteine Deutschlands. Berlin 1892.

tume); Schlefien: bei Striegau, Strehlen, Görlitz (grau), Fischbach (fleischfarben); Königr. Sachfen: in der Laufitz — Kamenz, Bifchhofswerda, Schmölln (grau), Meiffen (rot); Bayern: im Fichtelgebirge (grau, bläulich, gelblich), im bayrifchen Walde — Nabburg, Wiefau, Blaumberg, Hauzenberg und in der Paffauer Gegend (grau, bläulich bis dunkelgrau); im Harz (grau und blaßrot); im Odenwalde — am Felsberge (fchwarz-weiß), an der Bergftraße (blaßrot); im Schwarzwalde bei Waldshut, Gernsbach ufw. (fchwarz-weiß-rot). Außerdem viele Findlinge in der Norddeutschen Tiefebene und an der Oftfeeküfte. Außerhalb Deutschlands hauptfächlich: in Schweden — Karlskrona, Vanevik, Virbo, Lyfekil, Ramnäs ufw.; in Norwegen — der Idefjord, die Gegend von Fevig ufw.; in Finnland, alles meift rote, farbenprächtige Gefteine, oft mit blauem Quarz. Öfterreich — befonders Mauthaufen bei Linz, Gmünd (grau) und in Böhmen bei Einfiedel und Petersburg; Italien bei Baveno am Lago Maggiore (fleischfarben); Schottland (rote und graue).

Der Name Granit wird oft fälfchlich anderen Gefteinen beigelegt, fo „fchwarzer fchwedifcher Granit“ für Diabafe und Diorite, „grüner fchwedifcher Granit“ für einen Pyroxengneis von Varberg und Udevalla, „belgifcher Granit“ für Kohlenkalke aus dem Hennegau und der Provinz Namur.

Häßlich find die fog. „Hechtftellen“ vorzugsweife bei grauem Granit, größere oder kleinere fchwärzliche Flecken, in welchen Hornblende dicht verteilt in feinen Kriftallen auftritt.

Die Feltigkeit der Granite ift nach den verfchiedenen Fundorten und in diefen felbft eine fehr fchwankende:

	Durchfchnitt	Kleinftbetrag	Höchftbetrag
1) Druckfeltigkeit	1600	450	2400 — 3000
2) Zugfeltigkeit	30	20	45
3) Biegungfeltigkeit	140	75	210
4) Scherfeltigkeit	80	25	130 ¹⁹⁾

Kilogr. für 1 qcm.

Syenit. Hauptbestandteile: Feldfpat und Hornblende; Quarz nur unwefentlich. Name von Syene (Aftuan), daher im Altertum der Granit fälfchlich „Syenit“ genannt. Verwendung gleich dem Granit. Druckfeltigkeit 800 bis 2500 kg für 1 qcm. Wenig verbreitet. In Deutschland befonders im Plauenfchen Grunde bei Dresden und bei Meiffen (rot bis rotbraun), im Fichtelgebirge bei Wölfau, Redwitz, dann bei Afchaffenburg, im Odenwalde (Auerbach, Weinheim) ufw. Die fälfchlich mit „Syenit“ bezeichneten Gefteine find meift Diabafe, fo der Laufitzer aus der Gegend von Spremberg und Neufalza; der Odenwälder ift ein grün und weißer Diorit, dagegen der fog. fchwedifche oder norwegifche Labrador ein Augitfyenit von Laurvig in Norwegen.

Diorit. Hauptbestandteile: Feldfpat (Plagioklas) und Hornblende; zu erkennen an dem faft immer vorhandenen Schwefelkies. Deshalb im Freien nicht fo haltbar wie die vorigen. Druckfeltigkeit durchfchnittlich 2000 kg für 1 qcm. Meift fchwärzlich mit weißem oder grünlichem Feldfpat. Oppach bei Neufalza im Königr. Sachfen, im Fichtelgebirge, im Harz, Odenwalde ufw.

Gabbro. Hauptbestandteile: Feldfpat (Labrador) und Diallag oder Smaragdit. Technifch wenig brauchbar. Am Zobtenberge, bei Neurode und Frankenftein in Schlefien, im Harz, auf Korfika (*Verde di Corfica*), in Toskana ufw.

¹⁹⁾ Näheres über Druckfeltigkeit, Eigengewicht und Verwendung in: КОСЯ, а. а. О.

Porphyr. In der Grundmasse von Feldspat (Orthoklas) liegen deutlich einzelne Kristall- oder Mineralkörner. Nach diesen Bestandteilen unterscheidet man hauptsächlich Quarz-, Granit- und Syenitporphyr.

α) Quarzporphyr. Aus der granitischen, dichten Grundmasse von weißer, grauer, rötlicher bis brauner Farbe treten Kristalle oder Körner besonders von Quarz und Kalifeldspat (Orthoklas) hervor. Letzterer heißt technisch roter oder Felsitporphyr; der erstere ist dagegen der eigentliche Quarzporphyr. In Deutschland ziemlich verbreitet (Oden-, Thüringer-, Schwarzwald, Harz, bei Halle, in Schlefien, Sachsen), werden beide Arten nur zum Wegebau benutzt. Der Felsitporphyr von Elfdalen in Schweden wird zu polierten Kunstgegenständen, der Quarzporphyr von Südtirol auch zu Bauzwecken (Wien) verarbeitet. Druckfestigkeit 1500 bis 2800 kg für 1 qcm.

β) Granitporphyr, in der Struktur zwischen Granit und Quarzporphyr stehend; hat eine rötliche, grünlich graue, auch bräunliche Grundmasse, in welcher große Feldspatkristalle liegen. Daneben ist auch Quarz reichlich vorhanden. Wenig verbreitet. Am bekanntesten der Granitporphyr von Beucha bei Leipzig.

γ) Syenitporphyr. Aus der fast stets kristallinen Feldspatgrundmasse treten die Hauptgemengteile des Syenits, Orthoklas und dann Hornblende, Augit oder Biotit heraus. Daher unterscheidet man:

- a) Quarzfreien Orthoklasporphyr,
- b) Hornblende-Syenitporphyr,
- c) Augit-Syenitporphyr und
- d) Biotit-Syenitporphyr, welche meist nur eine geringe lokale Bedeutung haben.

Porphyrit. Grundmasse: Plagioklas und Hornblende, darin Hornblende, Augit oder braunschwarzer Glimmer und danach wieder die verschiedenen Arten. Großartige Brüche von Hornblende-Porphyrit bei Quenast und Lessines in Belgien. (Druckfestigkeit rund 2500 kg für 1 qcm.) Im Harz bei Ilfeld und Elbingerode. *Porfido rosso antico*, ein braunroter Hornblende-Porphyrit von Djebel Dokhan in Ägypten, *Porfido verde antico*, ein olivgrüner Augitporphyr von Lakonien zwischen Sparta und Marathon.

Diabas oder Grünstein. Hauptbestandteile: Feldspat und Augit. Dem Diorit sehr ähnlich. Braut häufig beim Begießen mit Säuren infolge Zersetzung des Kalkfeldspates. Der dichte grüne Diabas wird fälschlich als Basalt bezeichnet. Druckfestigkeit durchschnittlich 1900 kg für 1 qcm. Sehr verbreitet in Deutschland; bei Taubenheim und Oppach bei Neufalza, bei Spremberg, Senftenberg, Kamenz in der Lausitz, im Harz, im Fichtelgebirge, bei Kreuznach usw. Im Handel oft fälschlich Syenit oder auch Granit genannt; so ist z. B. der schwarze schwedische Granit Diabas aus dem südlichen Schweden.

Melaphyr. Wesentlich aus Labrador (Natronkalkfeldspat), Augit und Olivin zusammengesetzt; in der Industrie auch schwarzer Porphyr genannt. Dem Basalt sehr ähnlich, braut aber bei Behandlung mit Säuren. Zum Straßenbau. Druckfestigkeit 600 bis 3300 kg für 1 qcm.

Liparite (Rhyolithe), darunter: Phonolit (Klingstein), Obsidian und Pechstein, gläserne Gesteine, ersterer hauptsächlich im nördlichen Böhmen; alle für die Bauindustrie von geringer Bedeutung, dagegen mehr das vierte Gestein dieser Gruppe, der

Bimstein, ein gläsernes, sehr poröses, schaumiges Eruptivgestein von meist weißgrauer Farbe. Gibt als schlechter Wärmeleiter gute, gesunde Wohnräume; leichter Baustein (Kuppel der *Agia Sophia* in Konstantinopel) und auch als Schleifmittel benutzt. Bei Benndorf unweit Koblenz, in Ungarn, auf den liparischen Inseln, am Vesuv usw.

Trachyt und Andesit. Ersterer wesentlich Kalifeldspat (Sanidin) mit Hornblende, Augit oder Glimmer, letzterer Natronfeldspat (Labrador) mit Hornblende oder dunklem Glimmer (Biotit). Beide sind feinkörnige und poröse Gesteine von lichtgrauer, gelblicher

rötlicher bis brauner Farbe mit jenen dunklen, eingestreuten Kristallen. Tritt der Sanidin in großen Kristallen, wie beim Drachenfeller Trachyt auf, dann ist das Gestein sehr verwitterbar. Fundstellen von Trachyt: im Siebengebirge (Perlenhardt, Hohenburg), Berkum bei Godesberg, Ungarn, Kleinasien; von Andesit: Siebengebirge (Wolkenburg, Stenzelberg, Rofenau), in der Rhön, Eifel, im Westerwald, in Ungarn, Siebenbürgen usw. Am besten eignet sich für Bauzwecke der Stenzelberger Hornblende-Andesit. Seine Druckfestigkeit beträgt 700 bis 930 kg für 1 qcm, diejenige der anderen Gesteine weniger, bis 380 kg für 1 qcm herab (Westerwald).

Basalt und Dolerit. Ein sehr dichtes, scheinbar gleichartiges, dunkelgraues oder bläulichschwarzes Gestein, hauptsächlich aus Plagioklas, Augit und Olivin bestehend. Sehr spröde und wärmeleitend, gibt kaltfeuchte Mauern und schmilzt in starkem Feuer. Druckfestigkeit sehr hoch und verschieden, 1000 bis 5000 kg für 1 qcm. Verwendung zu Fundamenten und rohen Mauern, besonders aber beim Wegebau. In Deutschland weitverbreitet; bildet einzelne Kuppen und tritt besonders säulenförmig auf. Sind die Gemengteile des Basaltes deutlich zu unterscheiden, dann heißt er Dolerit. Druckfestigkeit 800 bis 1300 kg für 1 qcm.

Lava heißt jeder erstarrte Auswurf aus Vulkanen. Man unterscheidet insbesondere Basalt- und Trachyt-laven, erstere dunkelgrau, letztere wesentlich heller. Basaltlava ist ein ausgezeichneter, wetterbeständiger Bautein mit einer Druckfestigkeit von etwa 600 kg für 1 qcm. Sehr porös und leicht bearbeitbar, schlechter Wärmeleiter. Profile lassen sich schlecht arbeiten, sonst zu allen Hoch- und Wasserbauarbeiten geeignet. Besonders bekannt ist die Basaltlava von Niedermendig (auch Mühlsteine) bei Andernach a. Rh., diejenige vom Perlenkopf und der Hannebacher Ley in der Laacher Gegend, sowie die von Kesselbach und Londorf in Oberheffen.

2) Kristallinische Schiefergesteine.

Gneis. Die schieferige Ausbildung des Granits, also genau mit seinen Gemengteilen, aber besonders die dünnförmigen weniger wetterbeständig. Kommt in Deutschland in allen Gebirgen vor, sonst besonders in Skandinavien und Schottland. Verwendung wie Granit, doch nicht als Pflasterstein. Druckfestigkeit durchschnittlich 1700 kg für 1 qcm.

28.
Gesteinsarten.

Granulit. Abart des Gneises (Feldspat, Quarz, sowie kleine Granaten und schwarzer Glimmer). Weißliche Farbe (Weißstein). In Sachsen zwischen Glauchau, Rochlitz, Roßwein und Frankenberg, bei Budweis, in den Vogesen usw. Als Plattenstein benutzbar.

Glimmerschiefer. Hauptbestandteile: Quarz und Glimmer, dabei fast immer Granaten. Durch Zurücktreten des Glimmers geht er in Quarzschiefer über. Wetterbeständigkeit hängt von der Zunahme des Quarzes ab, sonst gering; dagegen ist er sehr feuerbeständig und deshalb zum Bau von Feuerstätten und Hohofenanlagen („Gestellstein“) benutzt. Farbe nach dem Glimmer silbergrau bis gelb und tombakfarbig. Fast in allen deutschen Mittelgebirgen, den Zentralalpen usw.

Chlorit- und Talkschiefer. Vorwiegend Chloritschuppen, wenig Quarz und etwas Feldspat. Lauch- bis schwärzlichgrün und seidenglänzend. Der französische Dachschiefer der Rimogne. Beim Talkschiefer ist der Chlorit durch Talkschuppen ersetzt. Bei Chiavenna (Topfstein), bei Drontheim usw.

Phyllit (Urtonschiefer). Hauptsächlich Glimmer und Quarz, dann Chlorit, Feldspat, auch Schwefelkies enthaltend. Sehr feinkörnig, meist graugrün, schwärzlich, selten rötlich. Als Plattenstein, zu Billardtischen usw. verwendet. In den Ardennen.

Amphibolschiefer (Hornblendschiefer); Hornblende und nebenbei Feldspat. Erz- und Fichtelgebirge. Als Plattenstein und Dachschiefer verwendbar; Amphibolit mit Kalkspatadern durchsetzt auch als Dekorationsstein.

Serpentin. Hauptfächlich aus Olivin hervorgegangen, sonst noch Diallag, Hornblende, Eisenoxyd ufw. enthaltend. Dicht und feinkörnig, dunkelgrün mit dunkleren Flecken, aber auch rot, grüngrau und strohgelb (Snarum in Norwegen). Nicht wetterbeständig, daher nur für innere Arbeiten, Säulen, Balustraden, Kamine, weil feuerbeständig, brauchbar. Besonders bei Zöblitz in Sachsen, am Zobtenberge, bei Finftermünz in Tirol, bei Prato (*Verde* und *Nero di Prato*), Sufa (*Verde di Sufa*), Polcevera (*Verde di mare*), Pegli (*Verde di Pegli*) in Italien, auf Korfika, Euböa, Tinos ufw.

Gefchichtet enthält er in mehr oder weniger starken Lagen den Afbest, eine faserige, feidengänzende Masse von meist weißer Farbe. Afbestpappe, Afbestzement ufw. für Ifolierungen gegen Feuersgefahr.

Eklogit. Graugrüner Augit mit roten Granaten. Für Bauzwecke wenig benutzbar. Im Erz- und Fichtelgebirge.

3) Sedimentgesteine (Schichtgesteine, Verfeinerungen führende Gesteine).

α) Kristallinische Gesteine.

An die kristallinischen Schiefergesteine reihen sich an:

29.
Gesteinsarten.

Quarzit, Quarzschiefer und Verwandtes. Besteht vorwiegend aus Quarz, vielfach mit Granat und Glimmer, mit welchem er in Glimmerschiefer übergeht. (Siehe Art. 28, S. 91.) Farbe hell, oft schneeweiß. Der Quarzitschiefer von Crummendorf bei Strehlen in Schlefien zu Feuerungsanlagen benutzt. Feuer- und Hornstein, rauchgraue, braune bis schwarze Kiefelmassen, scharfkantig und an den Rändern durchscheinend. Kiefelschiefer sind dichte, meist schwärzliche Gesteine, hauptfächlich aus Quarz bestehend; Probierstein für Goldarbeiter. Süßwasserquarz, ein poröses Gestein von heller Färbung, zu Mühlsteinen verarbeitet; im Pariser Becken. Kieselgur (Infusorienerde) besteht aus mikroskopisch kleinen Opalpanzern von Diatomeen, insbesondere zum Zwecke des Wärmeschutzes, als Poliermittel ufw. benutzt; in der Lüneburger Heide. Polierschiefer (Tripel) ähnlich mit deutlicher Schieferung; bei Bilin in Böhmen.

Kalkstein. Ein feinkörniges bis dichtes Gestein, welches aus kleinen Kalkspatteilchen, also vorwiegend aus kohlenfaurem Kalk besteht. Kalk, Gips, Anhydrit und Dolomit kann man durch folgende Proben unterscheiden. Gips läßt sich mit dem Fingernagel ritzen, alle vier Gesteine mit dem Messer, jedoch nicht der manchmal ähnliche Quarzit. Kalkstein löst sich unter Aufbrausen in kalter Salzfäure, Dolomit erst in Gestalt von Pulver oder in warmer Salzfäure; Gips und Anhydrit verändert sich darin nicht. Gips gibt im langen Glasrohre erhitzt Wasser ab, die anderen nicht. Die Druckfestigkeit des Kalksteines ist sehr verschieden, 500 bis 1500 kg für 1 qcm. Man unterscheidet dichten Kalkstein von Marmor. Der Petrograph versteht unter dichtem oder schlechthin Kalkstein alle sehr feinkörnigen, dagegen unter Marmor alle deutlich körnigen Kalkarten, während der Techniker den Begriff „Marmor“ auf alle politurfähigen Kalksteine ausdehnt.

a) Dichter Kalkstein. Enthält neben anderen nebenfächlichen Bestandteilen häufig Tonteilchen, welche bei Behandlung mit Salzfäure zurückbleiben, und Verfeinerungen. Farbe oft reinweiß, aber auch gelblich, grau, rot, braun, schwarz und gefleckt. Nach den Beimengungen gibt es: tonigen, mergeligen Kalkstein, welcher zu untergeordneten Bauzwecken, gebrannt zur Bereitung von hydraulischem Mörtel dient. Zu den Kalkmergeln, welche einen größeren Gehalt an Ton haben als die Mergelkalke, ist der Solenhofener lithographische Schiefer zu rechnen, der auch zu Fußbodenbelägen ausgehende

Verwendung findet. Ihnen nahe steht der Plänerkalk (bei Dresden). Bituminöse Kalke sind von Bitumen durchdrungen und dienen pulverisiert, erhitzt und komprimiert zum Straßenbelag. Kieselige Kalksteine, durchtränkt von quarziger oder opaliger Kieselsäure. Ferner Grobkalk, denen Quarzsand beigemischt ist, im Pariser Becken, bei Savonnières im Depart. Meuse und an vielen Stellen Frankreichs, in den Brüchen von Jaumont bei Metz, der Jurakalk von Offenstetten bei Kehlheim, die Leithakalke usw. Die Kreide, eine erdige Anhäufung von kleinsten Kalkscheibchen nebst Schalen von kleinen Tieren; auf Rügen, im Südosten Englands, im Nordwesten Frankreichs, auf Euböa u. a. O.

Nach der Struktur unterscheidet man neben den dichten Kalken oolithische Kalksteine, die aus runden, rogen- oder erbsenartigen, durch kohlenfauren Kalk verkitteten runden Körnern bestehen. Hierzu gehört der rote bis braune Rogenstein von Aderflädt bei Bernburg und der Erbsenstein von Karlsbad, Tivoli bei Rom usw. Ferner bei poröser Struktur Schaumkalke, bei denen die Kügelchen der vorigen durch Gewässer aufgelöst sind, und Kalktuff und Travertin, löcherige Kalksteine, die sich oft um Pflanzenteile aufgelöst haben. Kalktuff bei Cannstadt und Göttingen, Travertin bei Tivoli. Kalkfinter nennt man die mannigfaltigen Kalkabfätze von Quellen (Süßwasserkalk), teils aus Kalkspat, teils aus rhombisch kristallinischem, kohlenfaurem Kalk, dem Aragonit bestehend. Hierzu gehört der Onyxmarmor, ein durchscheinend gelblicher oder auch grünlicher, vielfach rot oder weißgeschichteter Kalkstein aus Brasilien, Mexiko und Oberägypten stammend, aber auch in Württemberg bei Hardt, O.-A. Münsingen.

b) Marmor. Reine Arten sind ganz weiß. Gelbe und braune Färbung wird durch Eisenhydroxyd, rote durch Eisenoxyd, graue und schwärzliche durch Graphit und Kohle hervorgerufen. Sonstige Beimengungen sind Glimmer, Augit, Quarz usw. Die Marmore sind hiernach geadert, fleckig, streifig, geflammt. Cipolino heißt ein von Glimmerlagen durchzogener, Opicalcit ein von Serpentinadern durchsetzter Marmor.

aa) Statuenmarmor, möglichst rein weiß; außer den antiken, kunstgeschichtlich hervorragenden vom Pentelicon, Hymettus, von der Insel Paros, welche auch heute wieder gebrochen werden, der Marmor von Carrara in Italien, von Laas und Schlanders in Tirol, von St. Béat im Depart. Haute-Garonne.

bb) Architekturmarmor. Weiße: die weniger reinen vorher genannten, dann Sterzing in Tirol, Pörtlachach in Kärnten, Saubsdorf und Setzdorf in Österr.-Schlesien, Kunzendorf, Seitenberg in Preuß.-Schlesien, im Fichtelgebirge usw., der Pavonazzo von Carrara (weiß mit violetten und schwarzen Adern).

Fleischfarbene bis rötliche: Seitenberg in Schlesien.

Graue: Die vorhergenannten Brüche in Preuß.- und Österr.-Schlesien, Goldenstein und Lindewiese in Österr.-Schlesien, Prieborn bei Strehlen in Preuß.-Schlesien, der Bardiglio von Carrara usw.

Die meisten Architekturmarmore gehören jedoch zu den dichten Kalksteinen und hiervon mögen noch genannt sein:

Gelbliche bis gelbe: der Iltrianer (Grifignana, Lefina, Merlera, Marzana), Giallo di Siena, Giallo antico (Tunis).

Braune: Veronefer und einzelne Sorten aus den Brüchen unweit Adnet bei Salzburg.

Fleischfarbene bis rote: Untersberger (bei Salzburg), Adnet (gefcheckt), die Belgischen *Rouge royal*, *fleuri*, *imperial* (weißgeaderte), einzelne Arten von der Lahn (Bongard, Aumenau, Seelbach usw.), von Saalburg in Reuß, von Berchtesgaden (Lindenhöher), *Griotte d'Italie* von Caunes (Depart. Aude), *Rouge Languedoc* von Cannes (weiß geflammt), *Rosso antico* vom Kap Paganía in Griechenland.

Grüne: *Vert Campan* bei Tarbes im südlichen Frankreich, Poppenberger aus der Gegend von Soest in Westfalen, die Opicalcite: *Vert des Alpes* (Maurin, Depart. Basses-

Alpes), Levanto (rot und grün) bei Spezzia; ferner die Cipoline von Saillon in der Schweiz, von Polcevera (bei Genua), *Cipolino antico* von Euböa.

Schwarze: Schupbach (Naffau) mit weißen Adern, Saalburg in Reuß, Rären bei Aachen, *Noir belge* (Provinz Namur), Portor (von Portovenere unweit Spezzia) mit gelber Aderung, *Nero antico* vom Peloponnes.

Graue: die Lahnmarmore (Borngrund, Mühlberg, Grethenstein), Saalburg in Reuß (graugrün), Rären bei Aachen, Adnet bei Hallein, die Belgischen *Bleu belge*, Sainte-Anne, belgischer Granit und die französifchen Napoléon, Joinville ufw.

Hellgrau ift auch der Granitmarmor von Rohrdorf und Neubeuern bei Rofenheim in Bayern, ein Kiefelkalkftein, der von feiner entfernten Granitähnlichkeit feinen Namen hat.

Zu den Marmoren ift technisch noch zu rechnen der Breccia-Marmor, fo genannt, wenn ein Marmor Breccienftruktural hat, wie die *Brèche d'Herculanum* von Givet im nördlichen Frankreich, Vauffort in Belgien, *Brèche d'Alep* und viele andere französifche und afrikanifche Arten; find die einzelnen Einfpregungen klein, fo heißt er Brokatell-Marmor (*Brocatello di Spagna* von Tortofa); treten Mufchelverfteinerungen auf, fo ift die Bezeichnung Lumachel-Marmor (Frankreich). Erfcheinen moosartige, dunkle Abfätze, die aus Eifen oder Manganoxyden befehen, wie häufig bei dem Solenhofener Lithographenftein (fiche Art. 29, a, S. 92), dann nennt man dies Dendrite. Sind endlich durch Infiltration von rotbraunem Eifenoxydhydrat die dichten Kalkfteine ruinen- oder feftungsartig gezeichnet, fo nennt man fie Ruinenmarmor, wie den grauen mergligen Kalkftein aus der Nähe von Florenz und den gelblichen bei Klofterneuburg an der Donau.

Dolomit (Unterscheidung von Kalkftein, fiche S. 92). Reiner Dolomit befeht aus Dolomitpat, einer Verbindung von kohlenfaurem Kalk und kohlenfaurer Magnesia im Verhältnis 54:46 Vomhundert. Tritt hierzu noch freier kohlenfaurer Kalk, fo entftehen die Dolomitkalke, deren Farben und Beimengungen diejenigen des Kalkes find. Dem Marmor entspricht der körnige Dolomit, zum Teile auch porös; löcheriche Dolomite heißen Rauhwanke; Dolomitafche befitzt pulverigen Zuftand. Der körnige Dolomit ift ziemlich wetterbefändig; Druckfeftigkeit 400 bis 1300 kg für 1 qcm. Kunzendorf in der Graffchaft Glatz (reinweiß), Rothenzechau bei Landeshut in Schlefien, grau, grünlich und rot geadert. Dichter Dolomit, dem dichten Kalk entfprechend, meift gelblich, grau und braun; Wetterbefändigkeit geringer. Fundorte: Anröchte (Kreis Lippftadt), Vorwohle in Braunschweig, an der Donau (Neuftadt, Neuburg ufw.), im Laabertale (Bayern) und vor allem im Dolomitgebirge Südtirols. In großen Fabrikftädten greift die Schwefelige Säure des Steinkohlenrauches den Dolomit an.

Gips und Anhydrit. Ein kriftallinifches Geftein aus Schwefelfaurem Kalk und chemifch gebundenem Kriftallwaffer (21 Vomhundert). Faferig, fchuppig, körnig oder dicht, oft feidenglänzend, reinweiß, grau oder rötlich. Druckfeftigkeit 50 bis 70 kg für 1 qcm; wenig wetterbefändig. Hauptfundorte: der füdliche Harz, Seeberg in Holfteln, die Gegend von Mansfeld, Staßfurt, Sperenberg bei Berlin, Lübtheen in Mecklenburg, meift in Begleitung von Steinfalz. Verwendung vorzugsweife zum Brennen. Abarten: der Alabafter, körnig von meift weißer Farbe, aber auch grau geadert, zu Luxusgegenftänden; Marienglas, fpatiges, durchlichtiges Material, leicht fpaltbar, für Zylinder, Ofenfenfter ufw., wird aber in der Hitze blind. Anhydrit, wafferfreier Gips, wie diefer, doch auch durchfcheinend blau gefärbt.

Magnefit. Verwitterungsprodukt von Olivingefteinen; findet fich gelegentlich mit Serpentin, fo bei Baumgarten in Schlefien, dann in Steiermark und auf der Infel Euböa. Für feuerfefte Ziegel und befonders heute zur Bereitung von Fußbodenmaffen dienend.

β) Klaffische (Trümmer-)Gesteine.

Konglomerate und Breccien. Sind die durch ein Bindemittel zusammenhängenden Gesteinsbruchstücke an den Kanten abgerundet, so spricht man von Konglomeraten, während Breccien (siehe Art. 29, 6b, S. 94) scharfe Kanten mit spitzen Ecken haben. Beide können Stücke desselben Minerals oder einer Anzahl verschiedener Mineralien enthalten, und zwar von Erbengroße bis zum Umfange von Kubikmetern. Das Bindemittel kann tonig, eisenhaltig, kieselig, kalkig usw. sein. Die Bezeichnung richtet sich nach dem vorwaltenden Gesteinsgemengteil, und so gibt es: Granit-, Quarzporphyr-, Diabas-, Trachyt-, Basalt-, Quarzit-, Gneis-, Kalkstein- und Dolomit-Breccien und -Konglomerate.

30.
Gesteinsarten.

Nagelfluhe ist ein aus etwa nuß- bis eigroßen Stücken von Kalk- und Sandstein, aber auch Quarz, Granit usw. zusammengesetztes Konglomerat, mit hellem, sandsteinartigem Bindemittel. Druckfestigkeit etwa 400 kg für 1 qcm. Für Hoch- und Wasserbau geeignet, jedoch nur von örtlicher Bedeutung. In den württembergischen und bayrischen Voralpen, in Salzburg, am Rigi usw.

Tuff (vulkanischer) ist ein loser Auswurf von Vulkanen, welcher durch Druck darauf ruhender Gebirgsmassen oder durch verkittende Abflüsse aus wässerigen Lösungen einen Zusammenhalt gefunden hat. Tuffe sind porös, von grauer, rötlicher oder gelblicher Farbe und in der Regel völlig wetterbeständig. In frischem Zustande leicht bearbeitbar, werden sie mit dem Alter härter.

a) Porphyrtuff; Rochlitz in Sachsen; fleischrot, porös mit kieselig-toniger Grundmasse. Druckfestigkeit 200 kg für 1 qcm. Schnellbach in Hessen-Nassau.

b) Diabastuff; grüngrau bis schmutziggrün. Harz, Vogtland und Oberfranken.

c) Trachyttuff; im Siebengebirge, in Ungarn. Weißlich und oft sehr mürbe, zum Backofenbau verarbeitet. Diefem sind die folgenden drei verwandt:

δ) Traß oder Duckstein; aus Bimssteinfragmenten und Bruchteilchen von Trachyt, Grauwacke, Tonchiefer und Hornblende bestehend; gelblich bis bläulich grau. Gemahlen als hydraulischer Zuschlag geschätzt. Im Nettetäl bei Kruft, Kretz und Plaidt (bei Andernach). Das Brohltäl ist ziemlich erschöpft, nur noch der unbrauchbare „wilde Traß“.

e) Leuzittuff enthält viele Leuzitkristalle; meist gelblich grau. Ausgezeichnetes Baumaterial. Druckfestigkeit 100 bis 150 kg für 1 qcm. In der Eifel bei Weibern, Bell, Rieden, Wehr usw. Feuerfest und außerordentlich wetterbeständig.

f) Bimssteintuff, Bimsstein-, Trachyt- und Glimmerteilchen mit Ton, Mergel usw. enthaltend; grau. Bei Neuwied und Andernach. Zur Herstellung der „Rheinischen Schwemmsteine“ und für leichten Beton benutzt. Hierzu gehört auch die Puzzolane und der Pofilipptuff bei Neapel, graugelb bis braun. Ähnlich die Santorinerde, beide als hydraulische Zuschläge brauchbar.

g) Basalttuff, schmutzig grau, auch bräunlich bis schwarz. Im Drufeltäl bei Kassel, der Peperino Albaniens.

Tonchiefer. Besteht aus feinsten Teilchen verwitterten Feldspates, also aus kieselaurer Tonerde, Quarz und Glimmerschüppchen, und ist durch Ablagerung im Wasser entstanden. Verunreinigt ist er durch Schwefelkies, kohlenfauren Kalk, Kohle usw. Von Phyllit hauptsächlich durch schwächeren Glanz unterschieden. Druckfestigkeit 600 bis 900 kg für 1 qcm, Zugfestigkeit 170 bis 200 kg für 1 qcm. Wasseraufnahme sehr gering, 0,6 Vomhundert durchschnittlich. Farbe grau, bläulich bis schwarz, hin und wieder auch rötlich, violett und grünlich.

Neben dem für die Technik wenig brauchbaren Tafel-, Griffel-, Wetzschiefer usw. ist der Dachschiefer zu nennen, von großer Spaltbarkeit und dunkler Färbung. Er darf nicht

bleichen, dann ist er verwitterbar, muß leicht bohrbar sein, beim Anschlagen hell klingen und wasserdicht sein²⁰). Schwefelkies ist mit dem Auge an der gelbglänzenden Farbe und beim Glühen an der stechend riechenden schwefeligen Säure, kohlenaurer Kalk am Aufbrausen beim Begießen mit Salzsäure, Kohle am Gewichtsverlust beim Glühen zu erkennen. (Siehe übrigens auch Art. 19, S. 83.)

Fundorte in Deutschland sind: Leheften, Gräfenenthal, Sonneberg, Wurzbach in Thüringen, der Hunsrück, Caub und Rudesheim am Rhein, das Moseltal, das Lahntal, Nuttler und Raumland in Westfalen, der Taunus und Harz; in England die Küste von Wales (Pennrhyn, Port Madoc ufw.); in Frankreich Angers, Rimogne ufw.²¹). Der Schiefer von Leheften übertrifft alle an Wetterbeständigkeit, auch die englischen, welche vor den deutschen Schiefen nur die Gewinnbarkeit in größeren Platten voraushaben²²).

Sandstein besteht aus Quarzkörnern mit einem kieseligen, tonigen, kalkigen (auch schwefelaurer Kalk), dolomitischen, mergeligen oder sonstigen Bindemittel. Besonders Glimmerblättchen finden sich häufig dabei vor. Auf feinem Bindemittel und jenem Glimmergehalt beruht hauptsächlich das technische Verhalten des Sandsteines. Andere zufällige Bestandteile sind Tongallen, Eisenoxyd, fein verteilter Schwefelkies, Manganoxyd. Die Farbe hängt vorzugsweise vom Bindemittel ab, weil Quarz durchsichtig oder weißlich ist. Kieselsäure, Kaolin, Kalkspat und Dolomit sind weißlich, Hämatit rot, Limonit gelb und braun, Glaukonit grünlich. Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat färben gelb oder rot, Manganoxyd braunschwarz. Auch organische Bestandteile können graue oder schwärzliche Färbungen hervorrufen. Kieselige Sandsteine sind sehr hart und wetterbeständig; tonige ergeben beim Anhauchen den Tongeruch; kalkige brausen in kaltem Zustande bei Behandlung mit Salzsäure, dolomitische erst bei Erwärmung. Druckfestigkeit sehr verschieden, von 175 bis 1800 kg für 1 q^{cm}. Stark tonige Sandsteine nehmen viel Wasser auf, zerfriren leicht und landen an der Oberfläche ab; kalkige leiden unter der schwefeligen Säure der Feuerungsgase; schwefelkieshaltige verwittern unter Bildung von Brauneisenstein, Eisenvitriol ufw. Glimmerhaltige blättern bei Frost ab; Tongallen können dabei große Stücke absprennen. Die Unterscheidung der Sandsteine nach Formationen hat für die Techniker wenig Zweck. Deshalb sollen nach der Farbe einige mit Bezeichnung der Fundorte angeführt werden.

Rote bis braune: Main sandstein (Wertheim, Miltenberg ufw.) mit viel Glimmer; die Pfalz (Ebertsheim, Eisenberg, Kaiserslautern, Lauterecken); der Sollinger Wald (Fußbodenplatten); Neurode und Schlegel (Schlesien); Nebra an der Unstrut (mit Tongallen); Porta Westfalica (grobkörnig, dunkelgrau, später rotbraun); Alvensleben (Provinz Sachsen); Kyllburg (Rheinprovinz); Maulbronn ufw.

Gelbe: die Gegend von Bunzlau und der Heufcheuer in Schlesien; Blankenburg im Harz; Eggenstädt (Provinz Sachsen); Osterwald, Nesselberg in Hannover; Udelfangen (Rheinprovinz); vom Seeberg bei Gotha; der Elbsandstein und der Cottaer (Königr. Sachsen); Burgreppach in Bayern; Heilbronn in Württemberg.

Weiß, gelblich- und grauweiß: die meisten der vorhergenannten Arten und außerdem: Ummendorf und Wefensleben (Provinz Sachsen); der Teutoburger Wald; Gildehaus, Ibbenbüren und das Süntelgebirge in Hannover, Wetter an der Ruhr; Kronach in Bayern; Hochdorf und Schlaithdorf in Württemberg.

Graue, gelblich-, grünlich- und blaugraue: Neuwaltersdorf (Graffschaft Glatz); Gommern, Plötzky ufw. (Provinz Sachsen); Elze und Mehle (Hannover); am Bückeberg (Obernkirchner); Velpke in Braunschweig; Staudernheim (Rheinprovinz); Flonheim

²⁰) Siehe auch: Teil I, Bd. 5 dieses „Handbuches“ (Art. 112 b, S. 129).

²¹) Siehe auch: Teil III, Bd. 2, Heft 5 dieses „Handbuches“. 2. Aufl. (Art. 43, S. 47 u. ff.)

²²) Siehe auch: SEIPP, H. Die Wetterbeständigkeit der natürlichen Bausteine. Jena 1900. S. 20 ff.

(Heffen); Abbach, Bayerfeld, Alfenz, Lauterecken (Bayern); der Molaffefandstein der Schweiz.

Grauwacke. Besteht aus Quarzkörnern und aus Bruchstücken von Feldspaten, Glimmer, Kiesel- und Tonchiefer mit einem kieseligen oder kalkigen Bindemittel. Dünne Lagen bilden den Grauwackenschiefer. Farbe grau, Druckfestigkeit 1000 bis 3000 kg für 1 ^qcm. Hauptfächlich örtlich und für Straßenbau. Im Siegtal, in der Koblenzer und Wetzlarer Gegend, im Harz, Fichtel- und Erzgebirge.

Kaolin, Ton, Lehm, Löß usw. Kaolin ist ein sehr reiner, durch Zerfetzung von Feldspat entstandener, meist nur mit Quarzsand vermengter Ton. Weiß, rötlich, gelblich oder grünlich. Gefschlämmt zur Porzellanfabrikation benutzt. Bei Halle, Meißen, Wegscheid in Niederbayern usw. Ton ist eine wasserhaltige unreinere Masse. Beimengungen sind: Glimmer, Feldspatteilchen und färbende Bestandteile (Eisenoxyd – rot, Eisenhydroxyd – braun und gelb, kohlige und sonstige organische Bestandteile – blau, blaugrau, schwarz) dann oft schädliche Beimengungen, wie Magnesia-, Kali-, und Natronverbindungen, Schwefelkies usw. Pfeifenton enthält nur wenig fremde Bestandteile, ist nach dem Brennen weiß und wird zur Herstellung von Steingut benutzt. Chamotte- oder feuerfester Ton, im Feuer des Porzellanofens nicht schmelzend; zu feuerfesten Steinen, Schmelztiegeln, zur Röhrenfabrikation usw. benutzt. Fundorte: Groß-Almerode, bei Waldenburg in Schlefien, bei Passau, Koblenz, Duisburg, bei Bitterfeld, im Kannenbeckerlande, einem Teil des Engergaues im Westerwald (Bierfeidel, Krüge, Flaschen), bei Bunzlau in Schlefien. Töpferton enthält viel feinverteilten Quarzsand, ist aber fast frei von kohlenfaurem Kalk; in Velten bei Berlin (Ofenkacheln). Gebrannt rötlich bis rot. Lehm oder Löß ist ein durch Brauneisenstein gelb oder bräunlich gefärbter Ton mit viel feinem Quarzsand; er enthält häufig kohlenfauren Kalk, Glimmerschüppchen und sonstige Verunreinigungen. Bildsamkeit und Feuerfestigkeit weit geringer als bei Ton. Zur Ziegelfabrikation benutzt. Enthält Ziegelerde mehr als 80 Vomhundert Ton, so ist sie fett, bei 60 Vomhundert Sandbeimengung mager. Mehr als 15 Vomhundert Kalk machen sie höchstens noch zur Klinkerfabrikation brauchbar. Schlick und Schluff ist der Schlamm der Flußniederungen, Tegel der Ton des Wiener Beckens, Klei der fette Ton der Flußniederungen. Tonmergel ist reich an Kalk und leicht schmelzbar, Mergelton weniger kalkhaltig. Schiefertone und Schieferletten sind dünngefichtete, tonreiche Gesteine mit Glimmerschüppchen, gewöhnlich grau mit allen möglichen Abstufungen. In naffem Zustande bildet Schieferletten die Erde, die schlechthin „Letten“ genannt wird. Gewöhnlich grün- oder blaugrau. Bei roten Sandsteinen heißen diese Schiefertone „Rötelschiefer“.

Erratische Blöcke (Findlinge) sind durch die Gletscher der Eisperiode weithin fortgeführt und Fremdlinge auf ihren Fundstellen. Sie bestehen deshalb aus den verschiedensten Gesteinen, am häufigsten Granit, Gneis, Diorit, Diabas, Porphyrr usw., und geben gutes Material zu Pflasterungen und zyklonischen Mauern. Die größten Findlinge sind der Margrafenstein in den Rauener Bergen bei Fürstenwalde und der Schwedenstein bei Lützen.

Gerölle und Geschiebe. Die mehr oder weniger stark fließenden Gewässer führen stets neue Trümmer der Gesteine, die durch die Einwirkung des Frostes usw. entstehen, aus den Bergen herab. Sie runden sich dabei ab, werden immer kleiner und man unterscheidet dann Kies, Sand und Schlamm. Nach Art des Gesteines ist die Verwendung verschiedenartig, Kalkgerölle z. B. zum Brennen, Kiesgerölle aus Quarz zum Wegebau usw.

Quarzand. Besteht hauptsächlich aus Quarzkörnern und ist oft mit Kalk-, Ton-, Mergelteilen, Glimmer usw. verunreinigt und gefärbt. Reiner Quarzand ist farblos.

Scharfkantiger Grubenand ist beffer als der rundkörnige Flußand. Staubförmiger Sand heißt „Flugand“, von Quellen in der Schwebel gehaltener feiner Sand „Trieband“.

Garten- und Dammerde bildet die oberste Erdschicht und ist durch Verwitterung der Gesteine unter Beimengung verwehelter pflanzlicher und tierischer Stoffe entstanden. Sie enthält stets Kochsalz und erzeugt deshalb bei Berührung mit Kalkmörtel Mauerfraß (Chlorkalcium).

Literatur

über „Natürliche Bausteine“.

- SCHMID, C. Beschreibung der vorzüglichsten, technisch nutzbaren Gebirgsgesteine etc. 2. Aufl. 1852.
- MALÉCOT, L. *Notice sur les matériaux de construction employés en Belgique, comme pierres de taille*. Brüssel u. Lüttich 1866.
- FRIESE, F. M. Die Bausteine-Sammlung des österreichischen Architekten- und Ingenieur-Vereins. Wien 1870.
- ARNAUD. *Les marbres de France*. *Moniteur des arch.* 1870—71, S. 19, 50.
- GILMORE, Q. *Report on the building stones of the United States*. New-York 1876.
- Technische Mittheilungen des schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. Heft 12: Die Bausteine der Schweiz. Zürich 1878.
- Der vulcanische Tuff als Baustein. *Wochbl. f. Arch. u. Ing.* 1879, S. 101.
- Pierres à bâtir de la France*. *Encyclopédie d'arch.* 1880, S. 23.
- Origine et composition des principales roches employées dans la construction*. *Gaz. des arch. et du bât.* 1880, S. 3, 34, 38, 44, 56, 63, 67, 81.
- GOTTSCHALDT, A. Ueber die Dichtigkeit einiger Elblandsteinarten oder deren Undurchlässigkeit für Wasser. *Civiling.* 1880, S. 497.
- HANHART, H. Ueber Marmor mit Bezugnahme auf dessen Vorkommen in der Schweiz. *Eisenb.*, Bd. 12, S. 67.
- GOWANS. *Building stones of Scotland*. *Builder*, Bd. 41, S. 673. *The architect*, Bd. 26, S. 343.
- TERRIER, CH. *Les pierres à bâtir de la France*. Paris 1882.
- GOWANS, J. *On the use of building stones*. *Builder*, Bd. 44, S. 87. *Building news*, Bd. 44, S. 60. *The architect*, Bd. 29, S. 42.
- KOSMANN, B. Die Marmorarten des Deutschen Reichs. Berlin 1888.
- KRÜGER, R. Die natürlichen Gesteine, ihre chemisch-mineralogische Zusammenfassung, Gewinnung, Prüfung. Bearbeitung und Konservierung etc. Wien, Pest u. Leipzig 1889.
- GARY, M. Die deutschen natürlichen Bausteine in Bezug auf ihre Festigkeit und physikalischen Eigenschaften. *Centralbl. d. Bauverw.* 1890, S. 53.
- KOCH, H. Die natürlichen Bausteine Deutschlands etc. Berlin 1892.
- DEMARET, M. J. *Marbres en Belgique et à l'étranger*. Brüssel 1892.
- KARRER, F. Führer durch die Baumaterial-Sammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in Wien etc. Wien 1892.
- SCHMID, H. Die natürlichen Bau- und Decorationsgesteine. Wien 1896.
- SCHMID, H. Die modernen Marmore und Alabaster etc. Wien 1897.
- SCHRÖCKENSTEIN, F. Silicatgesteine und Meteorite. Prag 1897.
- PETKOVŠEK, J. Die Bausteine Wiens in geologisch-bautechnischer Beleuchtung etc. Wien 1897.
- MERRIL, G. P. *Stones for building and decoration*. New York 1897.
- HERRMANN, O. Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie etc. Berlin 1899.
- FIEBELKORN, M. Die Einteilung der natürlichen Bausteine. *Baumaterialkunde*, Jahrg. 3, S. 172.
- SEIPP, H. Die Wetterbeständigkeit der natürlichen Bausteine und die Wetterbeständigkeitsproben etc. Jena 1900.
- STEINLEIN, G. Die praktische Verwendung der Marmore im Hochbau etc. München 1900.
- HANISCH, A. & H. SCHMID. Österreichs Steinbrüche etc. Wien 1901.
- RINNE, F. Gesteinskunde für Techniker, Bergingenieure und Studierende der Naturwissenschaften. Hannover 1901.
- BLOCK, J. Ueber die wissenschaftliche Werthbestimmung der Baumaterialien etc. *Baumaterialienkunde* 1902, S. 412; 1903, S. 10.

c) Gebrannte künstliche Steine.

Indem eine schärfere, auf die physikalischen Eigenschaften der gebrannten künstlichen Steine sich gründende Klassifizierung dem folgenden Kapitel „Ton-erzeugnisse“ überlassen bleibt, soll im nachstehenden hauptsächlich die Verwendung der verschiedenen Sorten derselben den Einteilungsgrund abgeben. Hiernach sind zu unterscheiden:

1) Backsteine oder Ziegel, die am allermeisten angewendete Sorte von gebrannten Steinen. Sie führen je nach Eigenschaften und Verwendung verschiedene Namen.

a) Gewöhnliche Backsteine oder Hintermauerungssteine. Die zur Herstellung der Mauern, Gewölbe usw. dienenden Backsteine erhalten meist eine parallelepipedische Gestalt und die in nachstehender Tabelle angegebenen Abmessungen, welche sich zum Teile auch auf einige geschichtliche, in Ägypten und Rom üblich gewesene Formen beziehen.

31.
Mauersteine.

Backsteine in:	Länge	Breite	Dicke	Nach:
Ägypten	410	200	100—130	} <i>Adler</i>
Rom	212	212	40	
		445	445	} <i>Chabat</i>
		594	594	
		457	305	} <i>Glossary of architecture</i>
		220	107	
Frankreich — Bourgogne	220	107	55	} <i>Demant</i>
Montereau	220	107	48—50	
Solins	220	107	48—50	
Sarcelles	210	95	50	
Paris	220	107	44—45	
England — London und Umgebung	228,5	114,3	63,5	} Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung
	(9 Zoll)	(4½ Zoll)	(2½ Zoll)	
Amerika — Neu-England, Nord	225	114	66,5	
" " , Süd	219	114	63,5	
New Jersey	222	98,5	60	
New York	219	105	66,5	
Pennsylvanien	228	114	57	
Südfstaaten	241	117,5	66,5	
Brasilien	292	140	89	
Schweiz	250	120	60	Vom Schweiz. Arch.- u. Ing.-Verein 1882 ange- nommen
Holland — Utrecht	220	105	50	} <i>Teirich</i>
Yffel	160	75	40	
Friesland	170	80	40	
Schweden	250	120	65	Von schwedisch. Fachver- einen 1881 festgesetzt
Österreich (in Wien gesetzliches Format)	290	140	65	} Verband deutscher Archi- tekten- u. Ingenieur- Vereine
Bayern	320—340	160—162	60—67	
Deutschland — Normal-Backsteinformat (in Preußen für Staatsbauten vorge- schrieben).	250	120	65	
do. — Kirchen- oder Klosterformat	285	135	90	
do. — Verblendsteine	252	122	69	

Millimeter

Die Ziegel werden fast ausnahmslos in gebranntem Zustande verwendet.

In kultur- und brennstoffarmen Gegenden bedient man sich heute noch der lufttrockenen, ungebrannten Ziegel, der Lehmsteine, welche jedoch ein wenig wertvolles und unbedeutendes Baumaterial abgeben. Daselbe ist der Fall mit den auch aus ungebranntem Ton mit Zusatz von gehacktem Stroh, Flachsstäben, Spreu u. dergl. angefertigten Lehmputzen. Die Lehmsteine erhalten in der Regel das Normalformat; die Lehmputzen macht man gewöhnlich 30 cm lang, 14 cm breit und 14 cm dick. Im übrigen mag die Bemerkung genügen, daß beide nur zu inneren, den Witterungseinflüssen entzogenen Wänden geeignet sind, weshalb als Schutzmittel derselben gegen aufweichende Nässe nur die Isolierung vom Boden und ein Überzug mit Mörtel nach völliger Lufttrocknung oder mit einer Holzverschalung einigermaßen wirksam sind.

Den gewöhnlichen Mauersteinen stehen die sog. Klinker gegenüber, welche besonders stark gebrannt, durchweg oder doch in den äußeren Schichten gelintert, infolgedessen für Wasser undurchdringlich sind und eine große Härte besitzen. Sie werden auch aus dem Brande der gewöhnlichen Mauersteine ausgefucht und haben dann geringere Abmessungen als die normal gebrannten Steine, welche dem Feuerherd weniger nahe gestanden haben (Tonwaren mit geflossenen Scherben; vergl. Kap. 2: Tonerzeugnisse), sind meistens auch krumm und schief.

Außer den gewöhnlichen Mauersteinen, welche nach der Art ihrer Fabrikation in Handschlag- und Maschinensteine geschieden werden, kommen für bessere Rohbauten die Verblendsteine, Verblender, Verkleidungssteine vor, welche aus sorgfältiger vorgearbeitetem Ton scharfkantiger und ebenflächiger geformt sind und in der Farbe rein und gleichmäßig sein sollen. Sie werden deshalb in etwa halbtrockenem Zustand nachgepreßt und der Farbe nach ausgefucht; ganz sauber hergestellte hohle oder volle Verblender werden sogar jeder einzeln nachgeschnitten oder geglättet. Zu bemerken ist hierbei noch, daß das Format dieser feineren Blendsteine häufig etwas stärker genommen wird als das der Hintermauerungssteine, nämlich die Länge 252 mm, die Breite 122 mm, die Dicke 69 mm, um auf diese Weise die Verblendung mit engeren, nur 8 mm starken Fugen herstellen zu können. Die gewöhnlichen Verblender werden wohl auch durch Ausfuchen der besten Steine aus der Masse erlangt. In neuerer Zeit wendet man sich jedoch für die Verblendung wieder mehr dem alten Handstrichsteine zu und bevorzugt ein größeres Format, welches nach den Bestimmungen des preußischen Ministeriums für öffentliche Arbeiten $285 \times 135 \times 90$ mm beträgt.

Die verschiedenartige Färbung, auf welcher die architektonische Wirkung der Rohbaufassaden mit beruht, wird entweder durch Verwendung sich verschiedenfarbig brennender Tone oder durch Engobieren, d. h. Eintauchen des getrockneten ungebrannten Backsteines in Ton Schlamm, welcher beim Brennen eine bestimmte Farbe gibt, hervorgebracht. Auch fertig gebrannte, jedoch ungleichmäßig gefärbte Steine werden manchmal noch nachträglich mit Engobe versehen, über deren Haltbarkeit man aber doch gerechte Zweifel haben kann.

Die gewöhnlichen Mauersteine sowohl, als auch die Verblender kommen des Verbandes halber auch in Stücke geteilt vor. Das Zweiquartier oder der halbe Stein stellt den querhalbierten Stein dar, das Längsquartier den längshalbierten Stein; das halbierte Zweiquartier, also der vierte Teil des Steines bei gleicher Dicke, gibt das Quartier schlechtweg oder „Riemchen“, und ein Stein, welcher die Steinbreite und nur $\frac{3}{4}$ der Länge hat, heißt Dreiquartier. Feine Verblendsteine werden schon der Kosten halber gewöhnlich als ganze, $\frac{3}{4}$ -, $\frac{1}{2}$ - und $\frac{1}{4}$ -Steine bestellt²³⁾. Die Römer bedienten sich zu ihren quadratischen Ziegeln an den Mauerecken der dreieckigen Steine, durch diagonale Teilung der ganzen Steine erzeugt.

β) Poröse Steine. Um die Leichtigkeit natürlicher poröser Bausteine und die damit verbundenen Vorteile auch bei den Backsteinen zu erzielen, hat man seit den ältesten Zeiten danach gestrebt, die Porosität zu vermehren.

Dies kann dadurch geschehen, daß man dem ungebrannten Ton verbrenn-

32.
Poröse Steine.

²³⁾ Siehe auch über Normal-Verblendsteine von *Rühne & Cie.* in Helmfedt in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. I, Abfchn. 1, A, Kap. 2, c: Backsteinrohbau) dieses „Handbuches“.

bare Körper in Pulverform untermengt, welche beim Brennen mit Zurücklassung unbedeutender Ascherefte verschwinden und eine Anzahl Porenräume erzeugen.

Solche Stoffe sind besonders Torfmull, Lohpulver, Sägespäne, Braun- und Steinkohlengrus usw.; die damit gemischten Steine nennt man hie und da, der Ähnlichkeit mit Tuffsteinen halber, Tuffziegel.

Sie haben allerdings die Vorteile der Tuffe in bezug auf Leichtigkeit und Ventilationsfähigkeit, verlieren jedoch ganz beträchtlich an Tragfähigkeit und zeigen löcherige Oberfläche und schlechte Kanten. Dazu kommt noch, daß die Asche der Gemengteile bei scharfem Brand häufig mit der Tonmasse Schmelz gibt und dadurch den Zusammenhang gefährdet, und daß derlei Steine, der Witterung ausgesetzt, gewöhnlich Ausblühungen von Alkalikarbonat zeigen, welches der Dauerhaftigkeit sehr abträglich ist. An feuchten Stellen bildet sich Mauerfraß.

Deshalb werden solche Tuffziegel nur im Inneren von Gebäuden zu leichten Einwölbungen, zur Ausmauerung von Fachwerk, zur inneren Verkleidung von Mauern benutzt und dürfen auf Tragfähigkeit nicht hoch in Anspruch genommen werden. Die meisten Tonwarenfabriken liefern solche Steine mit bis über 50 Vomhundert Hohlräumen, bei einer Festigkeitsverminderung von 60 bis 80 Vomhundert.

γ) Hohlsteine. Den unter β angegebenen Zweck kann man in viel günstigerer Weise erreichen, wenn man die Backsteine mit regelmäßigen Hohlräumen herstellt.

33.
Hohlsteine.

Schon die Römer benutzten hohl geformte Tonmassen, meist in Form von Töpfen, zu Gewölbbauten und als Verkleidung der Innenwände, sowie zur Leitung der erwärmten Luft aus dem Hypocaustum. Heute stehen noch Kuppeln und Gewölbe aus Töpfen in Rom (Kirche S. Stefano, Faunustempel, von *Claudius* erbaut, Grabmal der hl. Helena) und Ravenna (San Vitale), und durch das ganze Mittelalter hindurch bediente man sich der Topfziegel. *Borie* hat vor einiger Zeit die gegenwärtige Form der Hohlsteine als mit der Drainpresse hergestellte Ziegel eingeführt.

Die Hohlsteine können entweder einen an beiden Enden offenen Kasten vorstellen, oder aber, wie es gewöhnlich ist, sie besitzen der Länge nach durchgehend eine Anzahl viereckiger oder runder Löcher, welche nur so viel Masse übrig lassen, als die Tragfähigkeit erfordert. Solche Hohlziegel mit Längshohlgängen werden nur als Läufer benutzt. Hohlziegel mit Querhohlgängen dienen als Binder, und die feltener gebrauchten Steine mit lotrecht durchbohrten Wänden dienen als Eckziegel. Solche Hohlsteine werden vielfach Lochsteine genannt.

Neueltens hat man auch die Längs- und Querhohlsteine so hergestellt, daß die Löcher nicht ganz durchgehen, so daß fünf volle Seiten vorhanden sind. Dadurch entfallen dann die für die Mörtelverwendung und gleichmäßiges Setzen des Mauerwerkes ungünstigen, lotrecht gelochten, in England eingeführten Hohlsteine.

Die Hohlsteine bieten den gewöhnlichen Mauersteinen gegenüber mannigfache Vorteile: sie lassen sich mit weit weniger Material genauer und von gleichmäßigerem Gefüge anfertigen als die Handschlagsteine; sie lassen sich schneller formen und trocknen, brennen sich leichter und durchweg gleichmäßiger, ersparen an Frachtkosten, erzeugen eine geringere Belastung durch das Eigengewicht und stehen bei gehöriger Wand- und Stegdicke an Tragfähigkeit den gewöhnlichen Backsteinen nicht nur nicht nach, sondern besitzen nach *Tetmajer*, infolge der Verdichtung der Masse und infolge gleichmäßigeren Durchbrennens, höhere Festigkeit als Vollsteine. Außerdem sind sie schlechtere Wärme- und Schalleiter und geben rasch trocknende und trocken bleibende Mauern.

Die Wand- und Stegdicke bewegt sich zwischen 25 und 15 mm, sollte jedoch dem unten folgenden Vorschlag des Berliner Architekten-Vereines gemäß nicht unter 20 mm betragen.

Auch poröse Ziegel werden als Lochsteine hergestellt, um ein besonders leichtes Material zu gewinnen.

Die Qualität der Backsteine, sowohl der gewöhnlichen wie der Form- und Hohlsteine, hängt innigst mit der Art der Anfertigung und diese mit der Natur des Rohmaterials zusammen. Die Herstellung von Maschinensteinen, so schwierig sie anfangs sich Eingang verschaffen konnte, weil die Natur des Rohmaterials für die Brauchbarkeit der betreffenden Maschinenkonstruktion maßgebend ist, so sehr hat sie sich heute verbreitet, und alle Vorurteile gegen Maschinensteine im allgemeinen, weil die anfänglichen Erzeugnisse noch manchen Fehler zeigten, sind nicht imstande, ihre Weiterverbreitung zu hindern. Die Maschinensteine haben

außer ihrer genaueren Form geringere Porosität und tatsächlich größere Feltigkeit. Die anfänglichen Fehler des falerigen Gefüges und infolgedessen des schlechteren Behauens haben rationelle Fabrikanten längst überwunden²⁴⁾.

34.
Formsteine.

2) Formsteine. Für Konstruktionszwecke anderer Art, als die Aufführung von gewöhnlichen Mauern usw., dienen in verschiedenen Ländern sehr verschiedene Abmessungen und Profile. Man hat parallelepipedisch geformte Steine, jedoch mit anderen Abmessungen als die Mauersteine; allein auch andere Formen, wie z. B. Gewölb-, Brunnen-, Kamin-, Gefims- usw. Steine, kommen vor.

In Wien sind in dieser Richtung im Gebrauche: Wölbsteine von 237 mm Länge, 158 mm Breite und 65,8 mm größter Dicke, die Keilform je nach dem Halbmesser der Wöblinie verschieden; Pflastersteine von 250 mm Länge, 158 mm Breite und 39,5 mm Dicke; Gefimssteine von 474 bis 632 mm Länge, 158 bis 210,7 mm Breite und 92 bis 118,5 mm Dicke.

In Deutschland hat der Berliner Architekten-Verein auch auf dem Gebiete der Verblender und Formsteine Normalien entworfen, welche sodann vom Verein für Fabrikation von Ziegeln, Tonwaren, Kalk und Zement (in der 15. Generalversammlung am 3. bis 5. Februar 1879) beraten und angenommen wurden.

Die vereinbarten Normen lauten:

„α) An dem bisherigen Normalformat von 250, 120 und 65 mm ist für die Hintermauerungssteine festzuhalten und eine strenge Durchführung desselben mehr als bisher anzustreben. Zur Herstellung von feineren Rohbauten sind die Verblendsteine so weit zu vergrößern, daß Lager- und Stoßfugen eine gleichmäßige Breite von 8 mm erhalten, d. h. $\frac{1}{4}$ -Verblendsteine sind $252 \times 122 \times 69$ mm groß, $\frac{3}{4}$ -, $\frac{1}{2}$ - und $\frac{1}{4}$ -Steine entsprechend groß zu fertigen.

β) Die zulässigen Abweichungen sind nach der Feinheit des Materials und der beanpruchten Eleganz des Baues in jedem Falle festzusetzen. Bei feinen Verblendern sollen die Abweichungen der Steine untereinander 1 mm nicht überschreiten.

γ) Die Wandstärken hängen von dem Material und von dem Zweck ab, wozu der Stein verwendet werden soll (Verbindung, Ausmauerung von Fachwerkwänden, leichte Gewölbe usw.). Bei den äußeren Verblendsteinen sollen die Wandungen nicht weniger als 20 mm betragen. Bei lotrecht gelochten Steinen dürfen die Löcher zur Vermeidung von Mörtelverlust und starkem Setzen des Mauerwerkes nicht größer als 15 mm im Durchmesser sein.

δ) Es ist wünschenswert und der Verbreitung des Backsteinrohbaues förderlich, wenn auf den Ziegeleien neben den gewöhnlichen Verblendsteinen, Dreiquartieren usw. auch eine Anzahl einfacher und häufig wiederkehrender Profilsteine vorrätig gehalten wird. Die Steine sind auf allen Ziegeleien als Normalsteine mit denselben fortlaufenden Nummern zu bezeichnen, welche sich nur auf das Profil beziehen, wogegen Steine desselben Profils, jedoch in abweichenden Längen, keilförmige usw. durch hinzugefügte Buchstaben zu bezeichnen sind, also z. B.: 4a, 4b usw. Behufs leichterer Einbürgerung solcher Normalformen sind davon nur 12 aufzunehmen (Fig. 1):

Nr. 1: Kleiner Schmiegestein, 187 mm lang (Schmiege 70 mm lang);

Nr. 2: Großer Schmiegestein, 252 mm lang (Schmiege 110 mm lang);

Nr. 3: Achteckstein wie No. 2, jedoch mit rechteckiger Stoßfuge;

Nr. 4, 5, 6, 7: Einfache Profilsteine in der Größe eines Dreiquartiers, d. h. 187 mm lang;

Nr. 8 bis 12: Einfache Gefimssteine, 252 zu 122 zu 69 mm groß, das Profil an der langen Seite.

Zu den Steinen Nr. 8 bis 12 sind möglichst auch Ecksteine (im rechten Winkel) 122 mm und in den Seiten so lang vorrätig zu halten, daß nach Abzug des Profils $\frac{1}{2}$ -, bezw. $\frac{3}{4}$ -Stein von der Ecke aus übrig bleibt.“ —

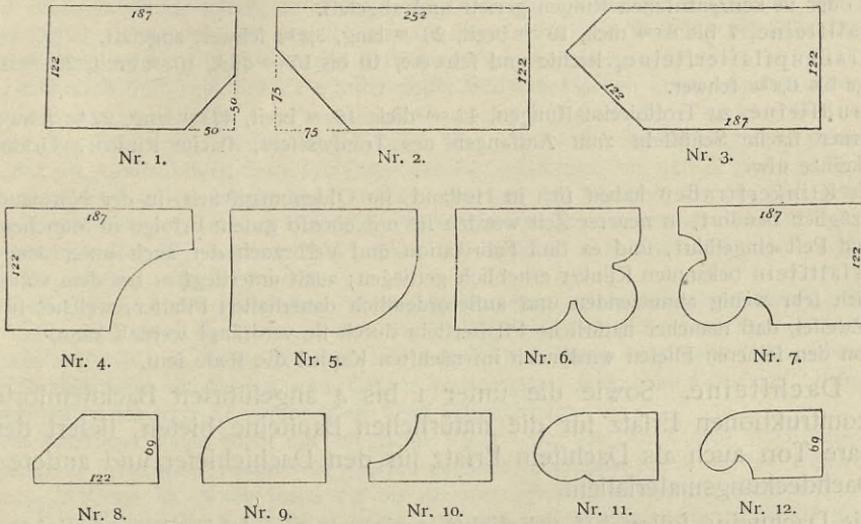
Durch die Annahme dieser Normen ist unzweifelhaft nicht allein der Fabrikation ein großer Dienst, sondern auch dem Backsteinrohbau ein wesentlicher Vorschub geleistet, da die Fabrikanten auf Vorrat und mit größerem Vertrauen arbeiten, deshalb leichter bessere und gleichmäßigere Ware in Form und Farbe auf den Markt bringen, dabei den Preis niedriger stellen und überhaupt gerade das leisten können, was die Hebung des Backsteinrohbaues gegenüber dem Putzbau herbeiführen kann.

Allerdings ist dabei nicht zu verkennen, daß zwar eine ziemliche Anzahl verschiedenartiger Gesamtprofile mit den in Fig. 1 dargestellten Formen zusammengestellt werden kann, daß aber damit doch nur eine beschränkte Auswahl möglich und somit, wenn einzig und allein diese Normal-

²⁴⁾ Vergl. auch Neumann's Studie „Über den Backstein“ (Berlin 1880).

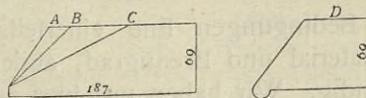
feine fabriziert würden, eine ins Schablonenmäßige gehende, die freie künstlerische Gestaltung hemmende Formenorthodoxie zu befürchten wäre. Diese Gefahr ist indeffen als nicht vorhanden zu betrachten; denn einerseits sind hier nur solche Formen ins Auge gefaßt, welche es ermöglichen, die einfacheren Hochbauten ohne Vorherbestellung der Steine auszuführen; andererseits gewährt Punkt β der Normen den nötigen Vorbehalt hauptsächlich bezüglich der Abmessungen. Im übrigen muß die weitere Entwicklung der Sache der Zukunft überlassen bleiben, welche die weitere Klärung, die nötigen Ergänzungen, vielleicht auch die zulässigen Reduktionen herbeiführen wird. Wenn z. B. unter den Profillsteinen noch Konfolsteine, welche eine kräftigere Ausladung gestatten, sowie die damit in naher Beziehung stehenden, ebenso reizvollen wie einfachen Bildungen fehlen, so haben dagegen die für die Entwicklung des Backsteinrohbaues so unumgänglich notwendigen Schrägsteine unter dem Namen *A, B, C* (Fig. 2) bereits Aufnahme in dem vom Verein für Fabrikation von Ziegeln ufw. angenommenen Tableau von Formsteinen gefunden²⁵⁾. Für das heute bei Kirchenbauten häufig benutzte Klosterformat gibt es solche vorrätige Formsteine noch nicht.

Fig. 1.



Normen für Formsteine.

Fig. 2.



Zur Ausführung der Schornsteine werden bisweilen besonders gefaltete Formsteine, die sog. Kaminsteine, angewendet; von denselben wird noch in Teil III, Band 4 (Abt. IV, Abschn. 4, C, Kap. 8, unter c) dieses „Handbuches“ die Rede sein.

Größere Formsteine für besondere Zwecke heißen wohl auch Baustücke; dieselben werden nur sehr selten massiv hergestellt; meist sind sie hohl (siehe unter γ : Hohlsteine und später unter „Irdenwaren“) ausgeführt.

Sämtliche Profil- und Formsteine, ebenso die Verblender mit Ausnahme der Handtrichtsteine, werden in gleicher Weise als Hohlsteine hergestellt.

In Frankreich gebraucht man zum Zwecke der Zwischendecken-Konstruktionen zwischen den Trägern hohle Formsteine eigener Art mit Nut- und Federverbindung, wodurch die Ausnutzung

²⁵⁾ Vergl. OTZEN, J. Über die Normalität auf dem Gebiet der Verblend- und Formsteinfabrikation. Deutsche Bauz. 1879, S. 95.

des Materials noch mehr gefteigert wird. Auch in Wien find ähnliche Formen, aber mit Aushöhungen von den Breitseiten aus, eingeführt, fo daß in der Mitte des Steines ein Steg stehen bleibt. Näheres über Form, Abmessungen und Verwendung derartiger Hohlsteine wird in Teil III, Band 2, Heft 3 (Abt. III, Abfchn. 2, A: Balkendecken) dieses „Handbuches“ vorgeführt werden. Ganz ähnliche Steine werden in neuerer Zeit zur Bildung schieftrechter, tragfähiger Decken benutzt, wie die von *Förster, Lauterbach* ufw.

3) Pflaster- und Trottoirsteine. Für Pflasterungen müssen besonders hart gebrannte Steine, Klinker, verwendet werden. Die Abmessungen und die Form solcher gewöhnlicher Fliesen, Estrichplatten, Flursteine ufw. sind je nach dem Zweck verschieden.

Von den verschiedenen gebräuchlichen Formen und Abmessungen seien hier genannt:

Trottoirplatten, 5,6 und 7 cm dick, 20 cm lang und 20 cm breit, Gewicht 4, 4,8, 5,5 kg, scharfkantig oder abgefaßt, je nach dem Maß und der Art der Beanspruchung.

Flur- oder Einfahrtsplatten, 6 bis 7 cm dick, 20 cm lang, 20 cm breit, 4,8 bis 5,5 kg schwer, vierteilig oder in konzentrischen Ringen gerieft und abgefaßt.

Stallsteine, 7 bis 8 cm dick, 10 cm breit, 20 cm lang, 3,2 kg schwer, abgefaßt.

Straßenpflastersteine, leichte und schwere, 10 bis 15 cm dick, 10 cm breit, 20 cm lang, abgefaßt, 4,2 bis 6,2 kg schwer.

Randsteine, zu Trottoireinfassungen, 12 cm dick, 18 cm breit, 47 cm lang, 22 kg schwer.

Ferner flache Schüffeln zum Auffangen des Traufwassers, flache Rinnen, Grundrinnen, Brunnenkränze ufw.

Die Klinkerstraßen haben sich in Holland, im Oldenburgischen, in der Normandie ufw. ganz vorzüglich bewährt; in neuerer Zeit wurden sie mit ebenso gutem Erfolge in München, Wien, Berlin und Pest eingeführt, und es sind Fabrikation und Verbrauch der auch unter dem Namen Kunstbasaltstein bekannten Klinker erheblich gestiegen; auch unterliegt es bei dem völlig staubfreien, sich sehr wenig abnutzenden und außerordentlich dauerhaften Pflaster, welches sie geben, keinem Zweifel, daß mancher natürliche Pflasterstein durch sie verdrängt werden kann.

Von den feineren Fliesen wird noch im nächsten Kapitel die Rede sein.

35.
Dachsteine.

4) Dachsteine. Sowie die unter 1 bis 4 angeführten Backsteinorten bei Mauerkonstruktionen Ersatz für die natürlichen Baulsteine bieten, liefert der vielfaltbare Ton auch als Dachstein Ersatz für den Dachschiefer und andere natürliche Dachdeckungsmaterialien.

Die Dachsteine sollen bei möglichst geringem Gewicht eine möglichst große Fläche so decken, daß weder durch die Zwischenfugen, noch durch das Deckmaterial selbst Regen durchdringen kann, und sie sollen vollkommen wetterbeständig sein.

Zur Erfüllung dieser Bedingungen sind einerseits die richtige Form und Qualität des Ziegels im Material und Brenngrad, andererseits die entsprechende Art der Eindeckung notwendig. Wir haben uns hier nur mit der Form und der Qualität des Dachsteines zu befassen.

Man unterscheidet fünf Hauptgruppen von Dachsteinformen: Biberchwänze, Hohlziegel, Dachpfannen, Krenzziegel und Falzziegel.

α) Die Biberchwänze sind längliche Platten von 350 bis 400 mm Länge bei 150 bis 160 mm Breite und 12 bis 15 mm Dicke. Das preußische Normalformat ist $365 \times 155 \times 12$ mm. Die zulässige Abweichung von Länge und Breite darf höchstens 5 mm, von der Stärke höchstens 3 mm betragen. Der vordere Schmalrand ist entweder gerade rechtwinkelig zu den Langseiten abgefeilt oder mit gebrochenen Kanten versehen oder aber im Segment oder Halbkreis abgerundet, seltener rechtwinkelig zugespitzt. Der entgegengesetzte Schmalrand trägt in der Mitte der Basis einen Haken, aus dem gleichen Material in einem Stück geformt, eine sog. Nase, zum Aufhängen an der Dachlatte. Die Biberchwänze müssen vor allem möglichst eben und so stark gebrannt sein, daß die Porosität trotz der geringen Dicke kein Durchfickern gestattet. Das Größtmaß der gestatteten Porosität, um sowohl gegen Durchfickern als auch gegen Frost zu sichern, ist nach *Olschewsky* etwa 16 Vomhundert (vergl. Art. 20, S. 85). Zugleich wirken dabei Kalkgehalt und schwacher Brand schädlich auf die Dauerhaftigkeit.

β) Die Hohlziegel, besonders in füdlichen Gegenden noch bis heute im Gebrauch, haben die Gestalt einer nahezu halben Röhre, deren Querschnitt einen Kreisbogen von 150 Grad beschreibt, und dienen jetzt hauptsächlich als Firfziegel. Sie geben, da sie stets abwechselnd mit der inneren und äußeren Mantelfläche nach außen gelegt werden und sich dabei übergreifen, ein vollkommen sicheres Dach. Die untenliegenden, mit der Höhlung nach aufwärts gekehrten heißen in einigen Gegenden Haken oder Nonnen, die anderen Preiße oder Mönche. Beide werden heute auch zu einem Stücke verbunden als Deckmaterial benutzt.

γ) Die holländifchen Dachpfannen haben im Querschnitt die Form eines flachen liegenden **∞**. Die Größe schwankt zwischen 240 und 420 mm Länge und 190 und 260 mm Breite. Um Dichtigkeit zu erzielen, muß eine der oberen Ecken des Steines, sowie die entgegengesetzte untere fehlen. Ähnlich sind

δ) die Kremptziegel, deren flache Form an einer Langseite etwas „aufgekrempt“, an der anderen zu einem Wulft umgebogen ist, welcher jene „Krempe“ des Nachbarziegels überdeckt. Die Größen sind sehr verschieden.

ε) Die Falzziegel, bei deren Formung man dahin strebt, das bei den anderen Dachdeckungsarten bei scharfem Winde schwer zu vermeidende Durchregnen und Eindringen von feinem Schnee ganz unmöglich zu machen und zugleich eine günstige ästhetische Wirkung bei bester Ausnutzung des Materials zu erzielen, sind in neuerer Zeit in größere Aufnahme gekommen.

Gewöhnlich sind zwei eine Ecke miteinander bildende Flächen unten mit Falz, oben mit Nut versehen und greifen mit Nut und Feder in den zunächst liegenden Ziegel gleicher Gestalt ein, und zwar kann der Falz einfach oder doppelt sein. Die weitere Einzelgestaltung der Falzziegel hängt zu sehr mit der konstruktiven Seite der Dachdeckung zusammen, als daß es zweckmäßig wäre, an dieser Stelle darauf näher einzugehen; vielmehr werden die ferneren, für die Formgebung maßgebenden Grundlätze und die auf Grundlage derselben erzeugten, außerordentlich verschiedenartigen Ziegelformen in Teil III, Band 2, Heft 5 (Abt. III, Abfchn. 2, F: Dachdeckungen) dieses „Handbuches“ des näheren erläutert werden.

Wenn sich auch der Preis eines Falzziegeldaches den anderen Ziegeldächern gegenüber nicht billiger stellt, so kommt doch hinzu, daß das Vertreiben mit Kalkmörtel nur an den Rändern des Daches nötig ist und Ausbesserungen sich deshalb viel leichter ausführen lassen. Nur wo verwickelte Dachformen mit Kehlen und Graten vorkommen, sind beim Falzziegel, Behauen und Aneinanderpassen schwerer auszuführen als beim Biberfchwanz.

Die Falzziegel sollen nicht nur möglichst leicht sein, um den Vorteil einer billigen Dachkonstruktion zu gewähren, sondern sie müssen zugleich möglichste Sicherheit für Wetterbeständigkeit bieten. Ersteres ist in der Regel nur bis zu einer gewissen Mindstgrenze zu erzielen, welche durch das Durchbiegen und Verziehen beim Trocknen und Brennen gesteckt wird. Die Wetterbeständigkeit läßt sich durch Verminderung der Porosität entweder vor dem Brennen durch geeignete Bearbeitung oder Zusätze des Tones oder durch bis zur beginnenden Erweichung gesteigerten Brand erzielen. Stets sollte dabei der Brand durch die ganze Masse gleich scharf sein, weil sich sonst leicht Ablätterungen zeigen.

Andere Mittel, welche schützen sollen, sind Tränken vor dem Brennen mit einem leichter dicht brennenden oder leichtflüßigeren Stoffe, Erzeugung einer Glasur oder nach dem Brennen durch Anstrich mit Teer oder Wasserglas. Wenn ersteres Mittel helfen soll, so muß die Glasur zum Tone passen und darf keine andere Ausdehnungsziffer besitzen; sonst entstehen wieder Ablätterungen. Anstriche sind mit doppelter Vorsicht zu verwenden, weil die Erfahrung gelehrt hat, daß nicht vollkommen gut und vollständig gedichtete Ziegel danach erst recht rasch abblättern. Auch das Dämpfen oder das Erzeugen einer leichtflüßigeren Schicht infolge reduzierender Ofengase, wodurch eine graue bis schwarze Oberfläche erzeugt wird, hilft nur bei gleichzeitigem scharfen Brande²⁶⁾.

5) Feuerfeste oder Chamottefeste kommen überall da zur Anwendung, wo Feuerungsanlagen von Mauerwerk umschlossen werden. Außer vollständiger Feuerfestigkeit verlangt man von denselben entweder, daß sie dem Wechsel von Hitze und Abkühlung widerstehen oder aber, daß sie gleichmäßig hohe Temperaturen aushalten. Im ersteren Falle müssen bei der Fabrikation reine und sehr fette Tone vermieden werden, da die daraus gebrannten Steine bei Abkühlungen leicht bersten; durch Mengen mit unplastischer Masse kann man den beablichten Zweck

36.
Feuerfeste
Steine.

²⁶⁾ Eine eingehende Auseinanderfetzung (von *Olschewsky* und *Sälzler*) findet sich in: Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1879, Nr. 5, 10, 11, 13, 14.

erreichen. Für Steine, welche hohen Hitzegraden zu widerstehen haben, setzt man der Tonmasse zerstoßenen weißen Quarz, bezw. Quarzand zu; sind die Temperaturen besonders hoch, so muß man Bruchstücke von feuerfesten Steinen, Scherben von gebrauchten Kapfeln oder sonstige gebrannte feuerfeste Tonstücke verwenden.

37.
Druckfestigkeit.

Bezüglich der Druckfestigkeit der Backsteine besteht je nach dem Material, aus dem sie hergestellt sind, und je nach der Erzeugungsweise große Verschiedenheit. Man kann im Mittel in Ansatz bringen: für gewöhnliche Backsteine 175 kg, für bessere Mauersteine 250 kg, für poröse Vollsteine 150 kg und für Klinker 600 kg auf 1 qcm.

Literatur.

Bücher über „Backstein“ und „Backsteinerzeugung“.

- SCHLICKEYSEN, C. Die Maschinen-Ziegelei. Berlin 1860.
 HEUSINGER v. WALDEGG, E. v. Die Kalk-, Ziegel- und Röhren-Brennerei in ihrem ganzen Umfange u. nach den neuesten Erfahrungen. Leipzig 1861. — 4. Aufl. von P. KAYSER. 1891.
 CHALLETON DE BRUGHAT, F. *L'art du briquetier*. Paris 1861.
 VICAT, E. Neueste Fortschritte in der Ziegel-Fabrikation. Leipzig 1863.
 NEUMANN, F. Die Ziegel-Fabrikation. Weimar 1866. — 8. Aufl. von O. BOCK. 1894.
 WERKEN, G. v. Das Ganze der Ziegel-Fabrikation. Altona 1868.
 DOBSON, E. *Rudimentary treatise on the manufacture of bricks and tiles*. London 1868.
 VICAT, E. Die Ziegel- und Cement-Fabrikation etc. 2. (Titel-) Ausg. Berlin 1868.
 BISCHOF, C. Die feuerfesten Thone, deren Vorkommen, Zusammensetzung, Untersuchung, Behandlung und Anwendung etc. Leipzig 1876. — 3. Aufl. 1901.
 LIEBOLD, B. Die Trockenanlage für Ziegeleien. Leipzig 1877.
 ZWICK, H. Die Natur der Ziegelthone und die Ziegelfabrikation der Gegenwart. Wien 1878. — 2. Aufl. 1893.
 NEUMANN, R. Ueber den Backstein. Berlin 1879.
 KELLER, R. Ueber die Fabrikation und Anwendung feuerfester Steine. Aachen 1880.
 OLSCHESKY, W. Katechismus der Ziegelfabrikation etc. Wien 1880.
 CHABAT, P. *La brique et la terre cuite*. Paris 1881.
 Deutsche bautechnische Taschenbibliothek. Heft 54: Die Konstruktion von Brennöfen für Ziegeleien und Thonwarenfabriken in Hinsicht auf die Bauausführung. Von A. ECKHART. Leipzig 1881. — Heft 62: Die Anlage und Einrichtung von Ziegeln und Thonwaren etc. Von A. KNÄBEL. Leipzig 1880.
 ECKHART, A. Die Technik des Verblendsteins. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1883, S. 170, 178, 187; 1884, S. 5, 15, 21, 28, 47, 50, 58, 65, 73, 81, 99, 119, 131. — Auch als Sonderabdruck erschienen: Halle 1884.
 ECKHART, A. Die Struktur der Ziegelfsteine als Ursache der Verwitterung. Deutsche Bauz. 1884, S. 53.
 DETAIN, C. & LACROUX, J. *La brique ordinaire etc.* Paris 1882–84. — Deutsch: Französische Ziegelarchitektur. Berlin 1885.
 BALE, M. P. *Bricks and brickmaking machinery etc.* London 1890.
 BOCK, C. Die Ziegelfabrikation etc. Leipzig 1894. — 9. Aufl. 1901.
 DÜMLER, K. & F. HOFFMANN. Handbuch der Ziegel-Fabrikation etc. Halle a. S. 1900.
 MICHEL, E. Über die keramischen Verblendstoffe. Halle 1903.
 Siehe auch die Literaturangaben am Schlusse des nächsten Kapitels (Tonerzeugnisse).

d) Ungebrannte künstliche Bausteine.

Um auch über diese Gruppe von Bausteinen eine Übersicht zu bieten, seien nachstehend die wichtigeren derselben namhaft gemacht, wengleich die Eigenschaften, die Erzeugung und Verwendung derselben an jenen Stellen des vorliegenden Abschnittes zu finden sind, wo ein passender fachlicher Zusammenhang dieser Bausteine mit anderen Baustoffen erzielt werden konnte.

- 1) Lehmsteine und Lehmpatzen (siehe Art. 31, S. 100).
- 2) Kalksandsteine (siehe Kap. 3, unter b: Mörtel aus Luftkalk).

- 3) Zementerzeugnisse (siehe Kap. 3, unter e: Mörtel aus Roman-Zement — und f: Mörtel aus Portland-Zement).
- 4) Betonerzeugnisse (siehe Kap. 4).
- 5) Stuckmarmor und Gipsdielen (siehe Kap. 3, unter k: Magnesia- und Gipsmörtel).
- 6) Stukko luftro, Kalksandsteine, Hydrofandsteine, Schlacken-, Schwemm- und Korksteine (siehe Kap. 3, unter b: Mörtel aus Luftkalk).

e) Bearbeitung und Haltbarmachung der Bausteine.

Die Bearbeitung der natürlichen Steine, von der im nachstehenden zunächst die Rede sein soll, betrifft im wesentlichen jene Umgestaltung der aus dem Felsen gebrochenen Blöcke²⁷⁾, welche dieselben durch den Steinmetz oder die ihn ersetzenden mechanischen Vorrichtungen erfahren, um als fertige Bausteine, mehr oder weniger architektonisch gegliedert, dem betreffenden Bauwerke eingefügt zu werden. Insbesondere wird es sich hier um die Herstellung von Quadern handeln, wiewohl die Bearbeitung zu anderen regelmäßig gestalteten Steinen, wie Tür- und Fenstergewänden, Gesimsstücken usw., gleichfalls Berücksichtigung finden wird; indes muß auch bei den letztgenannten Bauteilen von der Herstellung quaderartig bearbeiteter Steine ausgegangen werden.

Quader, sowie andere Bau- und Schnittsteine werden meist von Hand bearbeitet, und der Arbeitsvorgang ist je nach der Arbeitshärte und der Art und Gleichheit der Spaltbarkeit sehr verschieden. Für die härteren und spröderen Steine sind besondere Meißelprofile nötig, andere wieder für harte und zugleich zähe und wieder andere für weiche Steine.

Es ist deshalb auch schwierig, ein allgemeines Verfahren der Bearbeitung anzugeben, und wir beschränken uns hier darauf, die verschiedenen Stufen der Bearbeitung und die bei den verschiedenen Steinarten vorkommenden Werkzeuge kurz zu charakterisieren.

Die erste rohe Bearbeitung erhalten die Steine schon im Bruch, wo sie durch besonders darauf eingübte Arbeiter nach Bestellung oder für die häufiger vorkommenden einfacheren Bauteile nach üblichen Normalmaßen je nach der Härte durch Schrotten, Eintreiben von Keilen oder durch Sägen zunächst geteilt und hierauf, insofern nötig, mit Hammer und Meißel, unter Umständen mit dem Zweispitz in rauhe, annähernd parallelepipedische Form gebracht werden. Der Werkzoll, auch Bruch-, Arbeits- oder Steinmetzzoll genannt, wird hierbei den rauhen Quadern in der Regel nach jeder der drei Abmessungen zugegeben, bei kostbaren und sehr harten Steinen indes möglichst gering bemessen. Diese Arbeit, bei der die Steinflächen — die gefügten ausgenommen — eine rauhe, buckelige Gestalt erhalten, heißt Boffieren.

Das Aussehen boffierter Flächen ist für gewisse Steingruppen charakteristisch. Bei den harten und zähen körnigen Steinen mit splittigem Bruche bleiben große unregelmäßig gerundete Buckel zwischen tieferen schmalen Meißelfurchen stehen; bei weiterer Bearbeitung wachsen die Abmessungen der Furchen gegenüber den Buckeln; zuletzt bleiben von letzteren nur mehr rippenartige Erhöhungen übrig. Bei spröden Gesteinen hingegen, wo der Meißel mit Vorteil mehr spitzwinkelig gegen die Fläche angelegt wird und flachmufchelige Bruchstücke wegspringen, erscheint die Fläche

38.
Bearbeitung
von Hand.

39.
Boffieren.

²⁷⁾ Über die Gewinnung der Gesteine in Steinbrüchen siehe:

HERRMANN, O. Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie. Berlin 1899. S. 150.

FÖRSTER, M. Lehrbuch der Baumaterialienkunde. Leipzig 1903. S. 67.

Centralbl. d. Bauverw. 1904, S. 21.

LE NEVE FOSTER, C. *L'exploitation des carrières*. Baumaterialienkunde 1896-97, S. 157.

nie mit so tiefem Relief wie bei den zähen harten Steinen. Bei groblöcherigen Kalken oder Rauh-
wacke treten die netzförmig sich kreuzenden Wände am Sägeschnitte scharf kenntlich heraus, und
bei Konglomeraten zeigt sich die Oberfläche aus lauter Kugel- oder Sphäroidabschnitten gebildet²⁸⁾.

Die weitere Bearbeitung des roh boffierten Werkstückes geschieht dadurch,
daß man den Stein auf dem Werkplatze aufbänkt, und zwar mit jener Seite
nach oben, die man für die künftige Anichtsfläche (das Haupt) deselben als die
geeignetste hält. Hierauf werden, am besten an zwei gegenüberliegenden Längs-
kanten, zwei parallele schmale Flächenstreifen, die sog. Schläge, zuerst der eine,
hierauf unter Zuhilfenahme des Richtscheites der andere, zugehauen, nachdem
zuerst drei Ecken mit Hilfe des Lineals, die vierte durch Wisieren entsprechend
zugerichtet sind. Nun werden an den zwei anderen Kanten gleichfalls die er-
forderlichen Schläge hergestellt, und es kann alsdann die gewünschte weitere Be-
arbeitung der betreffenden Steinfläche stattfinden.

Die Herstellung der Schläge geschieht bei harten und mittelharten Steinen
mittels des Schlageisens, eines flachbahnigen Schneidemeißels, dessen Schneide-
bahn nicht breiter ist als die Dicke des meißel abgefalt quadratischen Meißelstieles.
Bei weichen Steinen nimmt man wohl auch breitbahnige Schneidemeißel oder
Zahnmeißel. Stets sollte bei härteren Steinen der Schneidewinkel des Schlag-
eisens größer sein als bei weicherem Stein, weil dadurch die Arbeitsrückwirkung
auf den Meißel paralytiert und das Abpringen oder Stumpfwerden leichter ver-
mieden wird. Auch sollte, insbesondere bei sprödem Stein, die Richtung des
Meißelstoßes etwas nach innen zu neigen, um Kantenabprerung zu vermeiden.

Der zwischen den Schlägen einftweilen stehende gebliebene Teil heißt in
manchen Gegenden fälschlich Boften oder Posten. Im Durchschnitt ist der
Schlag etwa 3^{cm} tiefer als die Oberseite des Postens, immer aber so tief, daß die
tieffte Furche oder Grube im Posten noch etwas vor der Ebene des Schlages vor-
steht. Soll der Posten nicht als Rustika stehen bleiben, so wird er abgearbeitet,
und zwar bei harten Steinen zuerst mit dem Boffierhammer und Spitzeisen,
sodann mit einem schweren Zahnhammer (mit breiter, dem Stiel paralleler
Schneidebahn) und zuletzt mit dem breitköpfigen Stockhammer, der beiderseits
flache Bahnen hat, welche mit einem System von viereckig-pyramidalen Zähnen,
4 bis 8 in einer Reihe, versehen sind, so daß die Spitzen bei den gröbereren Num-
mern dieser Stockhämmer weiter auseinander stehen als bei den feineren. Die
Flächen bekommen durch das Abarbeiten mit den Stockhämmern, und zwar von
den gröbereren Sorten zu den feineren übergehend, eine gekörnte Oberfläche. Man
unterscheidet hiernach „gestockte“, „fein gestockte“ und „schleifrecht gestockte“
Flächen. Zu gleichem Zwecke wird bei weicheren Steinen, nachdem für das
größte Abarbeiten der Zweispitz verwendet worden ist, das Kröneleisen ge-
braucht, bestehend aus einer Anzahl beiderseits zugespitzter vierkantiger Stahl-
stäbchen, welche in der Queröffnung des eisernen Stieles aufgekeilt werden und
zwei breite vielgezahnte Schneidebahnen bilden. Vollendet wird die Arbeit mit
Hilfe des breiten Scharriereisens, welches mittels hölzerner Klöpfel oder Schlägel
vorgetrieben wird.

Häufig verwendet man auch zum Herstellen der Flächen, zum sog. Flächen,
anstatt eines gröbereren Stockhammers, bzw. Krönels den Flachhammer mit

²⁸⁾ Bekanntlich fuchen die Putzbauten alle diese nur schwer zu beschreibenden Nuancen der boffierten Quader-
flächen in der Rustizierung, im Spritzbewurf, Befenbewurf, Kiesbewurf, Vermiculé usw. nachzuahmen, aber selten mit Glück.
Die Abficht zu täuschen ist augenfällig, und die Werke sind deshalb verfehlt. Das sicherste Mittel gegen derlei Unnatür-
lichkeiten ist in erster Linie die Verwendung echten Materials. Wo jedoch solches nicht zur Verfügung steht und die
Nachahmung geboten erscheint, ist die Beiziehung eines praktischen Steinmetzen mit geübtem Auge, welcher als Putz-
maurer geschult ist, zu empfehlen.

längsgestellter Schneidebahn, kurzweg Fläche genannt, deren Schneide oft in trapezförmige Zähne geteilt ist und dann bei festen Steinen als Zahnhammer dient. Für die Bearbeitung von weicheren Steinen erhält die Fläche eine breitere Schneidebahn als diejenige des Flachhammers für härtere Steine. Ähnliche Eigentümlichkeiten wie die Fläche zeigt die Picke oder Bille mit quergestellter Schneidebahn, welche zum Schärfen der Mühlsteine und zu ähnlichen Arbeiten benutzt wird.

Bisweilen werden bei sehr festen Steinen nach dem Boffieren die Unebenheiten mittels Zahnmeißeln in schmalen Streifen abgepflegt; diese Meißel werden auch bei weicheren Steinen benutzt und haben je nach deren Härte scharfkantige dreieckige oder abgeflachte trapezförmige Zähne. Diese Bearbeitungsweise, durch welche auf der Seitenfläche parallele Riefen entstehen, heißt das Zähneln.

Glatte Flächen werden am wirksamsten durch das Feinscharrieren und Aufschlagen hergestellt. Man benutzt dazu Scharriereisen, deren Breite je nach den in regelmäßiger Führung zu bildenden Bahnen verschieden bemessen wird; für Gewand- und Rahmstücke, für Leibungen usw. werden sie als Breitereisen in der jeweilig erforderlichen Breite besonders angefertigt. Vor dem Aufschlagen muß, um die nötige Sauberkeit und Regelmäßigkeit zu erzielen, die Steinfläche gewöhnlich zuerst scharriert, sodann rauh geschliffen werden. Diese Art der Bearbeitung bringt die körnige Struktur des Steines, insbesondere des Sandsteines, durch die bei geschickter Führung des Eisens entstehenden einfachen Flächenmuster am vorteilhaftesten zur Geltung. Sehr feste Steine werden mit dem Halbeisen, etwas breiter als das Schlageisen, geebnet. Sollen gekrönelte Flächen sichtbar bleiben, so muß man sie mit einem Scharriereschlag einfassen, weil bei der Ausführung des Krönens die Kanten häufig abspringen.

Der Schneidewinkel der Werkzeuge beträgt bei harten Steinen zwischen 30 und 45 Grad, und die Schneidebahn übersteigt meist nicht 5 cm; bei weichen Steinen ist der Schneidewinkel 10 bis 20 Grad und die Schneidebahn doppelt so lang.

Ist auf diese Weise die eine Fläche des Werkstückes bearbeitet, so wird dasselbe mit einer anstoßenden Seitenfläche nach oben aufgebankt; die Bearbeitung der letzteren geschieht ebenso wie bei der erstgedachten. Auch hier wird mit einem Schlag begonnen, der auf der zuerst bearbeiteten Fläche senkrecht steht u. s. f. Die ebenen Flächen und die rechten Winkel werden mittels Richtscheit und Winkeleisen kontrolliert.

Sind Gesimse, Ornamente usw. auszuführen, so werden dieselben nach Schablonen oder Brettungen aus Blech oder Pappe im Querschnitt angerissen oder abgetretet, bzw. nach Modell mittels Greifzirkels aus dem Boffen ausgemeißelt. Für die Herstellung von hohlen, runden Profilierungen und von Kropfstücken benutzt der Steinmetz die Einhaltschablone, woraus derjenige Teil herausgeschnitten ist, welcher das Querprofil der Gliederung bilden soll. Bezüglich der Bearbeitung von Säulenschäften und anderen Umdrehungskörpern sei nur kurz erwähnt, daß die Grundkreise auf dem oberen und unteren Lager aufgerissen werden, wonach die gekrümmte Fläche durch Brechung der Kanten und allmähliche Abfasung aus dem umschriebenen Vieleck, unter Zuhilfenahme eines Richtscheites, das nach der zu gebenden Schwellung und Verjüngung des Schaftes anzufertigen ist, bzw. mittels einer besonderen Lehre hergestellt wird. Zur Ausführung solcher schwierigerer Arbeiten, gekröpfter hohler und reich gegliederter Werkstücke dienen

verschiedene schmalbahnige Nuteisen, sowie Hohleisen mit gekrümmter Schneidebahn²⁹⁾.

41.
Schleifen.

In unserer Zeit wird leider nur noch selten Wert darauf gelegt, das Werkzeug des Steinmetzen zur eigenartigen Geltung zu bringen und dadurch die Technik der Steinbearbeitung, welche für die Bauweisen früherer Zeitperioden ein charakteristisches Unterscheidungsmerkmal bildet, zu kennzeichnen. Während man jetzt im Putzbau den grob bearbeiteten Quader im Äußeren nachzuahmen sucht, wird nur gar zu häufig dem echten Material, dem Haufstein, eine putzartige, wirkungslose Glätte verliehen. Die Herstellung dieser ganz glatten Flächen wird durch eine weitere Bearbeitung des Steines, durch das Schleifen erreicht. In vielen Fällen hat indes das Schleifen seine volle Berechtigung, besonders bei dichtem, kostbarem Material, um die Schönheit der Farbe und Struktur hervorzuheben, ferner bei feiner, reich gegliederter Arbeit usw. usw. Es hat den Zweck, die Größe der Unebenheiten durch Anwendung der Reibung harter Körper an dem Arbeitsstück bis zu einem bestimmten Mindestmaß zu bringen. Man benutzt hierzu ein härteres Material, am besten natürliche Sandsteine oder künstliche, meist Schmirgelschleifsteine und beobachtet auch hier, stets vom gröberen zum feineren Schleifstein vorzuschreiten. Die verschiedenen Porositäts- und Strukturverhältnisse machen das Verfahren des Schleifens sehr mannigfaltig. Bei Verwendung von Schleifpulver gebraucht man mit Filz oder Leder benagelte Holzscheiben oder solche von Stahl, Blei oder Kupfer. Die härtesten Steine schleift man bloß mit Schmirgel, welcher durch beladete Bleiplatten über der Fläche hin- und hergeführt wird, wobei beständig Wasser zufließt. Für die Ausgiebigkeit des Schleifens sind Menge und Stromgeschwindigkeit des zufließenden Wassers von Belang, da einerseits der Schleifschlamm rasch weggeführt, aber das noch körnige Schleifmittel nicht entfernt werden soll. Weiters dienen granulirte Gußstahlmasse, Granat und scharfer Quarzand als Schleifpulver.

Manchmal werden Steine nach dem Schleifen porenlos gemacht, d. h. mit einer die Poren ausfüllenden und erhärtenden Masse überzogen, besonders poröse Kalke und Sandsteine.

Dies geschieht oder geschah wenigstens bisher gewöhnlich entweder mit Steinkitt, einer Lösung von Kolophonium in Terpentin oder mit Stearin usw. in Terpentin oder einem anderen Lösungsmittel. Größere Hohlräume und schadhafte Stellen werden mit *Sorel'schem* Magnesiumzement oder *Sorel'schem* Zinkoxychlorürkitt, sog. *Ciment métallique*, ausgekittet. Andere bewährte Steinkitte sind der Glycerinkitt, eine breiartige Mischung von Bleioxyd (Bleiglätte) mit Glycerin, und die *Soxhlet'sche* Steinmasse, Zementkalk (2 Teile) mit feingefärbtem Flußsand (1 Teil) und Kaliwasserglas. Durch Überzüge entsteht eine unnatürliche Glätte, deren Dauer nicht groß ist; indessen schützen sie doch einige Zeit gegen das Eindringen von Staub und Flechtenaniedelung. Weit besser sind in dieser Beziehung anorganische, chemisch-dauerhafte Mittel, wie Testalin und die *Keßler'schen* Fluosilikate. Die weichen porösen, französischen Kalke, Savonnières, Morley usw., werden bei letzteren in dünne Platten geschnitten und deren Oberflächen mit einem Schlamm, aus dem Schleifstaub des Steines mit hydraulischem Kalk gemischt, übergeschliffen, so daß alle Poren geschlossen werden. Hierauf wird nach dem Trocknen das Ganze mit einer Fluosilikatlösung getränkt und dadurch die ganze Fläche so gehärtet, daß sie polierfähig wird. Gleichzeitig kann ein beliebiger Marmor-

²⁹⁾ Näheres über die Werkzeuge der Steinbearbeitung ist zu finden in: EXNER, W. F. Die technischen Hilfsmittel des Steinbildhauers. Wien 1877.

farbenton erzielt werden. Nach den bisherigen Erfahrungen ist eine solche Fluosilikatpolitur entschieden weit haltbarer als die natürliche Marmorpolitur, weil sich durch die Einwirkung der Fluosilikate äußerlich Flußpat und Tridymitkieselsäure bilden, die ungleich weniger von den Atmosphärien angegriffen werden können³⁰⁾.

Unter Umständen folgt dem Schleifen der Steinflächen das Polieren derselben, welches die Herstellung einer Spiegelfläche, also einer homogenen und mathematischen Fläche zum Zweck hat. Das Polieren kommt vorzugsweise für körnige und dichte Kalksteine, insbesondere bei Marmor, zur Wirkung; aber auch Granit, Syenit, Porphy, Grünstein und Serpentin nehmen eine sehr schöne Politur an.

Man kann am ehesten Hochglanzpolitur erzeugen, wenn man mit dem Schleifen möglichst weit geht, die Poren tunlichst zusammenzieht, d. h. so lange schleift, bis eine Schicht erreicht ist, in welcher bei homogenen Steinen möglichst wenig Poren vorhanden sind, oder wo bei gemengten Gesteinen der weichere und schwerer polierbare Anteil zurücktritt oder in günstigem Schutte sich befindet. Dann gelingt es leicht, mit den Poliermitteln auch den letzten, äußerst geringen Teil der optisch noch wirklichen Unebenheiten wegzubringen und die letzten Poren mit spiegelnder Masse auszufüllen.

Die Poliermittel sind je nach der Natur des Steines verschieden, entweder harte, aber rundlich geformte, nur mit kleinen Rauigkeiten verfehene Pulver von feinstem mikrokopischem Korn oder weiche, aber scharfkantige minderfeine Pulver verschiedenster Natur. Das wirksamste ist der Schlammshmirgel, welcher beim Schleifen der Steine abgewalchen und durch mehrfaches Schlämmen in verschiedene Feinheitsnummern gebracht wird. Es gibt Schlammshmirgel von 0,001^{mm} Korndurchmesser. Außer dem Shmirgel wird der Tripel (siehe Art. 29, S. 92) verwendet, eine Diatomazeen-Kieselerde, meist aus Gaillonellen bestehend, wovon die mittlere Korngröße 0,007^{mm} ist, während feinsten Poliertripel kaum meßbare Korngrößen aufweist.

Als letztes Glanzpoliermittel dient für harte Steine hauptsächlich das Eisenoxyd, meist im geglühten und geschlammten Zustande. Der für manche Steine besonders gefuchte Krokusstahlglanz ist scharf geglühtes Eisenoxyd mit Bimssteinschlammpulver und etwas Zinnasche, welche letztere insbesondere bei Marmor auch für sich allein verwendet wird.

Außerdem dienen noch Schwefelblume für Marmor, Speckstein für Serpentin, Holzkohle für Alabaster. Man reibt alle diese Poliermittel unter regeltem Wasserzusatze zuerst mittels Bleiplatten, sodann mittels Ballen von Filz, Flanell oder Leder, zuletzt trocken mit Linden-Balholz und Rehlleder auf. Für manche, insbesondere Hornblendegesteine und gemengte Feldspatgesteine hilft ein Zusatz von einigen Tropfen Salpeter- oder Schwefelsäure, welche wahrscheinlich durch oberflächliche Zerlegung gelatinöse Kieselsäure freimacht, die als Glättmittel wirkt³¹⁾.

Die Politur widersteht nur auf den härtesten Steinen dem Einflusse der Witterung; die Anwendung polierten Marmors sollte deshalb in unseren Klimaten auf das Innere beschränkt werden. Auch sind bei weichen und hellen Gesteinen

³⁰⁾ Über Berechnung der Arbeitspreise siehe: HEYN, R. Über Ermittlung der Einheitspreise für Steinmetzarbeiten. Wiesbaden 1903.

³¹⁾ Vergl.: HAUENSCHILD, H. Untersuchungen von Schleifsteinen, Schleif- und Poliermitteln. Mitt. des techn. Gewerbemuseums zu Wien 1880, Nr. 1, 2, 3 — ferner: WEBER, M. Das Schleifen, Polieren, Färben und künstliche Verzieren des Marmors. Weimar 1864.

farbige Poliermittel zu vermeiden, weil sie sich in den Poren anflammeln und die Färbung des Steines beeinflussen.

43.
Färbung,
Ätzung,
Vergoldung
ufw.

Mit dem Schleifen und Polieren werden manchmal, besonders bei Marmor, noch andere Vollendungsarbeiten vorgenommen, besonders Hervorbringen von wirkungsvollen Farbennüancen, ferner Anbringen von Zeichnungen durch Ätzen, Vergoldung usw. Die alten Griechen hatten ihre weißen Marmore polychrom dekoriert, und für manche Zwecke sind heute noch gewisse Farbengebungen wünschenswert. Vollkommen sachgemäß und bewährt ist die *Weber'sche* Methode³²⁾, weißem Stein einen beliebigen Farbenton von Gelb zu geben, welche vom Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen prämiert wurde. Danach wird eine neutrale Eisenchloridlösung zur Trockene verdampft und, in hochgradigem Alkohol gelöst, auf die gleichmäßig erwärmte Fläche aufgetragen. (Siehe auch Art. 24, S. 87.) Nach *Fioraventi*³³⁾ kann man Marmor beliebig polychromieren, wenn man ihn in einer Wasserdampf-Atmosphäre bis 120 Grad erhitzt und z. B. ihn zuerst mit Eisenvitriollösung, sodann mit Blutlaugenluzlösung behandelt. Für Gelb gibt man Alaun als Mordant und färbt mit Gummigutt, für Braun mit Asphaltlösung, Rot mit Drachenblut, Violett mit Asphalt und Drachenblut, Grün mit Aloefaft und Terpentin.

Wird nach *Fioraventi* außerdem die Farbe noch durch Wasserglaslösung und Chlorkalcium fixiert, so soll die Fläche gehärtet und vor Abfärbung gewahrt sein. — Das gleiche oder ein ähnliches Verfahren wird von Dr. Alb. R. W. Brand & Co., G. m. b. H., zu Charlottenburg eingeführt. Zahlreiche, zum Teile sehr schön gefärbte Marmorproben waren auf der letzten Pariser Ausstellung zu sehen.

Die Flächendekoration, besonders bei Fliesen, Kamineinfassungen usw., geschieht entweder, wie es in Belgien vielfach und mit großem Geschick und Geschmack beim Schiefer Brauch ist, durch Marmornachahmung in Lackfarben oder durch Basrelief-Skulptur. Letztere, als ein bleibendes und ästhetisch ähnlich dem Sgraffito, besonders bei Vergoldung, wirkendes Verfahren wird am leichtesten mit dem *Tilghman'schen* Sandblasapparat hergestellt, welcher sich aber nur für Gesteine von durchweg gleicher Härte und größerer Sprödigkeit gut eignet, da der Sandstrom, welcher stetig die zu verzierenden Stellen trifft, die Unterschiede in Härte und Sprödigkeit an Ort und Stelle genau verzeichnet.

Das Ätzen geschieht gewöhnlich nur bei Marmor, wo es manche Meißelarbeit erletzen kann. Die Ätzung wird entweder mit Schwefelsäure oder Salzsäure, in mehreren Teilen Wasser verdünnt, vorgenommen.

Wichtig ist hierbei der Schutz gegen das tiefere Eindringen der Ätzflüssigkeit, was durch den Deckgrund verhütet werden muß. Der letztere besteht für Marmor aus 6 Teilen Wachs, 2 Teilen Harz, 2 Teilen dickem Terpentin und 1 Teil Ultramarin für weiße oder 1 Teil hellem Chromgelb für farbige Steine. Nach dem Überziehen der Marmorfläche mit dieser heiß angefertigten Deckmasse wird rings ein erhöhter Rand aus Wachs gebildet, die Zeichnung herausradiert und hierauf etwa 2 Stunden geätzt, alsdann vorsichtig abgegossen und der Deckgrund mit Terpentin weggewaschen³⁴⁾.

Granit, Syenit, Diorit usw. können durch eine konzentrierte Lösung von Kieselfluorwasserstoffsäure gut geätzt werden.

Die Vergoldung geschieht entweder mittels Blattgold und Kafekitt oder unmittelbar durch Auftragen einer Goldchloridlösung³⁵⁾.

³²⁾ Deutsche Industrieztg. 1870, S. 496.

³³⁾ Wick's ill. Gewbz. 1875, S. 7.

³⁴⁾ Polyt. Centralbl. 1869, S. 3, 49.

³⁵⁾ Vergl. auch: WEBER, M. Das Schleifen, Polieren, Färben und künstliche Verziern des Marmors. Weimar 1864.

Die Schleif- und Poliertechnik steht heute noch mit vereinzelt Ausnahmen auf keiner den sonstigen Fortschritten der Technik angemessenen Entwicklungsstufe, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil das Verhalten der einzelnen Mineralien oder Gesteinselemente noch viel zu wenig studiert wird und deshalb empirische Kunstfertigkeit, verbunden mit monopolistischer Geheimniskrämerei, den Fortschritten Schranken setzt. Das von der Wissenschaft gepflegte und heute schon weit verbreitete Anfertigen von petrographischen Dünnschliffen wird zweifelsohne den Anstoß geben zur Vervollkommnung der Methoden durch Klarstellung der Grundätze sachgemäßen Schleifens und Polierens. Für den Architekten ist es unter Umständen wichtig, falsche und echte Politur zu unterscheiden. Alkohol und Äther, auf die fragliche Fläche aufgerieben, zeigen sofort, ob ein falscher Lacküberzug oder echte Spiegelung vorhanden ist.

Die Steinbearbeitungsmaschinen teilen sich in drei Hauptgruppen:

- 1) in Maschinen zum Teilen der Blöcke;
- 2) in Maschinen zur Bearbeitung der Blockoberflächen, und
- 3) in Maschinen zum Schleifen und Polieren.

44-
Stein-
bearbeitungs-
maschinen.

Am häufigsten werden die Maschinen zum Teilen von Blöcken in Platten angewendet. Dies sind die Steinlägen. Schon im grauesten Altertume benutzten die Ägypter die Steinlägen, und nicht selten werden heute noch Handlägen zum Zerteilen besonders weicher Steine gebraucht. Die Handlägen sind immer Sägen mit geradem Blatt und werden von zwei Arbeitern ähnlich, wie beim Gebrauch der Zimmermannsläge, hin- und hergezogen. Für weicherer Gestein ist die Handläge mit Zähnen versehen, wie eine Holzläge; meistens aber ist das Blatt zahnlos und arbeitet als Schwertläge mittels harter, feinkörniger Schleifmassen unter Wasserzufuhr.

Für Steine mit weicherem Bindemittel wird als Schneide- und Schleifmasse Quarzsand benutzt; bei härteren Steinen werden auch Abgänge von Zinn und Blei, und besonders Kügelchen aus abgeschrecktem Gußeisen und glashartem Gußstahl, die zuerst aus England unter dem Namen *Globules métalliques* eingeführt wurden, gegenwärtig aber in weit härterer Qualität als Diamantine in Deutschland (nach dem patentierten Verfahren von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz) erzeugt werden, verwendet. Ebenso wird bei besonders hartem Gestein Schmirgel als Schleifmasse benutzt. In neuerer Zeit hat man mit dem besten Erfolge statt der harten Schleifmassen, die stets in kurzer Zeit zu zartem Schlamm zerrieben sind und stetig erneuert werden müssen, auch bei Steinlägen die Verwendung fest eingeleiteter Diamantplitter eingeführt, und erst seit dieser Zeit rührt der lebhafteste Aufschwung in der Verwendung von Steinbearbeitungsmaschinen her⁸⁶⁾.

Die Steinlägen sind entweder Gatterlägen mit hin- und hergehendem geradem Schnitt oder Bandlägen mit umlaufendem geradem Schnitt oder endlich Kreislägen.

Die mit geraden Sägeblättern ausgerüsteten Gatterlägemaschinen sind sehr mannigfaltig gestaltet worden; die in der großen Praxis bewährten stimmen jedoch darin überein, daß die Schnittbewegung eine wagrechte ist, so daß das stets zahnlose, bis über 4^m lange, 20 bis 25^{cm} breite und 3 bis 5^{mm} dicke Sägeblatt mit der Schneide von oben, unter beständigem Zufluß von Schleifmasse und Wasser, unter einem bestimmten Drucke hin- und hergeführt wird. Für weichen Kalk- und Sandstein hat man in Amerika auch Gatterlägen eingeführt, die auf die Unterseite des Steines von unten nach oben wirken. Bei diesen kann die Schleifmasse

45-
Gatterlägen.

⁸⁶⁾ Siehe: Das Diamantwerkzeug für die Steinbearbeitung. Polyt. Journ., Bd. 282, S. 194.

Über Steinbearbeitung mittelst Diamanten. Verh. d. Ver. f. Gewerbefleiß in Preußen 1893.

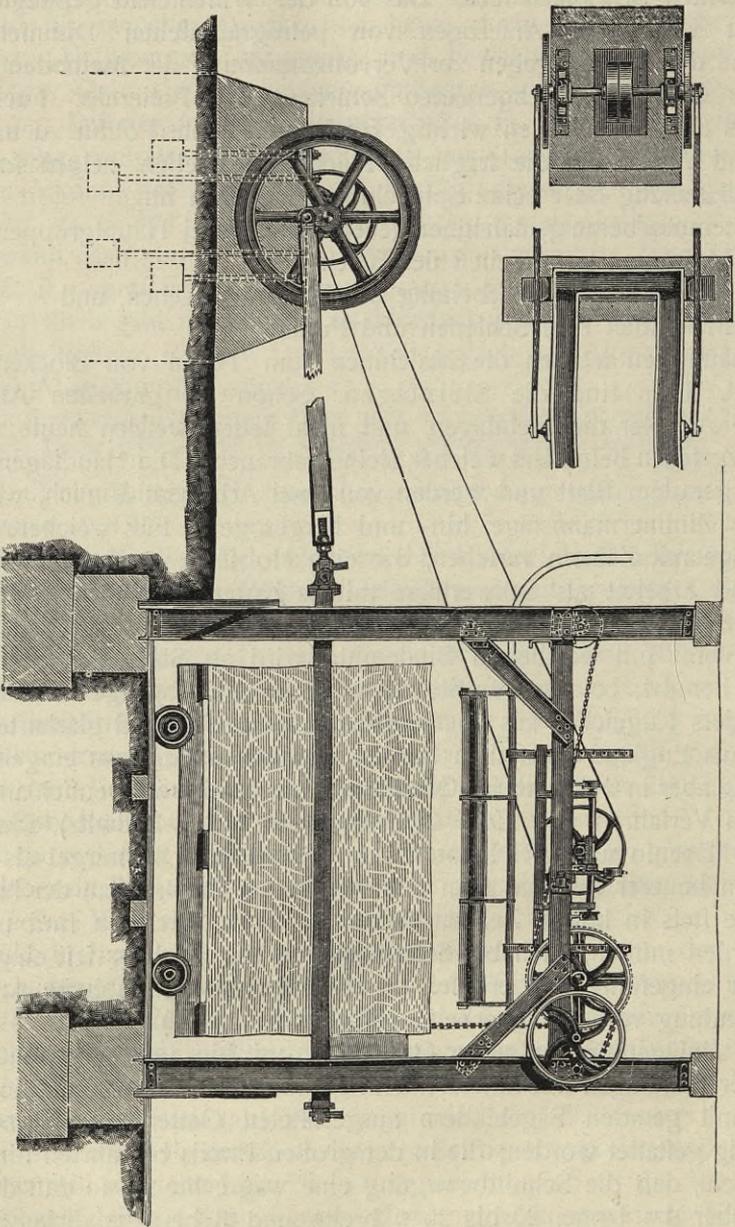


Fig. 3.

Gatterläge von Emil Offenbacher in Markt-Redwitz.

nicht zu günstiger Geltung kommen, und es werden dabei mit Diamanten besetzte Sägeblätter verwendet.

Von den im Auslande konstruierten und eingeführten Gatterfägemaschinen sei hier ³⁷⁾ *Bastins* wagrechte Steinfäge zur gleichzeitigen Zerteilung von zwei Steinblöcken erwähnt, welche im besonderen für weiche Pariser Gesteine bestimmt und deshalb größtenteils aus Holz konstruiert ist. Sie zeigt im allgemeinen die Bauart der neueren Steinfägemaschinen: einen stabilen Gerüstrahmen, an dem, durch Gegengewicht ausbalanciert, der Sägerahmen hängt, ein viereckiger Eisenrahmen, in dem mittels Zugschrauben in bestimmten, der Plattendicke entsprechenden Entfernungen die Sägeblätter parallel eingespannt sind. Der Sägerahmen wird durch Zugtangen mit einer Kurbelwelle in Verbindung gesetzt und so über die zu teilenden Blöcke unter bestimmtem Druck hin- und hergeführt.

Für besondere Zwecke bestimmte Steinfägen sind die von *Henry Conradi* ³⁸⁾ konstruierte Maschine zur Erzielung möglichst dünner Platten aus kostbarem Marmor, ebenso die von *Darby* in Depford ³⁹⁾, welche durch fachgemäße Führung des Sägegatters die günstigste Zufuhr des Schleifandes gestattet und in hartem Portlandstein in 10 Stunden 9 bis 10 ^{qm} Schnittfläche mit 2,5 Pferdestärken erzielen soll. In Deutschland hat *Pfaff* in Chemnitz gute Sägemaschinen konstruiert.

Eine ähnliche, mit den neuesten Verbesserungen versehene Sägemaschinenkonstruktion ist die von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz (Fig. 3), die sich unter Benutzung der Erfahrungen mit bisherigen Konstruktionen sehr gut bewährt. Dieselbe ist sehr solid ganz aus Eisen hergestellt und trägt an einem in 4 Ketten hängenden schmiedeeisernen Hauptrahmen mit 4 Scharnierfängen den schmiedeeisernen Sägerahmen aufgehängt. In letzterem werden beliebig viele Sägeblätter mit Laichen und Keilen befestigt. Durch 2 Zugtangen steht der Sägerahmen mit einem Kurbelradvorgelege derart in Verbindung, daß ein Hin- und Herchwingen desselben und der Sägeblätter und gleichzeitig am Anfang und Ende des Schubes eine geringe Hebung stattfindet, so daß das Sägematerial (am besten Diamantine mit Wasser) unter dieselben und zur besten Wirkung gelangt. Der Hauptrahmen ist besonders scharf durch nachstellbare Schleiflager an den 4 Säulen geführt, mit Ketten an Rollen aufgehängt und mit Ausbalanziervorrichtung versehen, so daß der Druck der Sägeblätter beliebig verändert werden kann. Dieser Maschine werden völlig gerader Schnitt und große Leistung nachgerühmt. In schwedischem Granit soll die Leistung für jedes Sägeblatt bei Anwendung von Diamantine in 10 Stunden bis 150 ^{mm} und in Syenit bis 250 ^{mm} betragen. Bei Verwendung als Seilfäge und Befpannung mit 1 oder 2 Blättern erhöht sich der Tiefgang auf das Dreifache.

Zum Sägen weicherer Gesteine, wie Marmor und Sandstein, sowie zum Plattenfägen aus Granit und Marmor empfiehlt *Offenbacher* das gleiche System mit automatischer und zwangläufiger Schraubensenkung; hierbei befinden sich in den Säulen 4 Schraubenspindeln, welche das Abwärtsbewegen des Sägerahmens unter gleichbleibender Geschwindigkeit bewirken.

Im allgemeinen ist die Ausrüstung (Fig. 4) der vorigen Sägemaschine (Fig. 3) entsprechend; nur ist der Gatterrahmen besonders stark und zur Aufnahme von 40 bis 60 Sägeblättern konstruiert. Aus der Abbildung ist auch eine automatische, quer zur Sägerichtung hin- und herbewegte Wasser- und Sandpeifevorrichtung ersichtlich; der Sand liegt auf einem seitlich offenen Bretterboden und wird durch das auftropfende Wasser nach beiden Seiten herabgeschwemmt. (Weiteres im Katalog der mehrfach genannten Firma.)

Wie schon oben erwähnt, werden die Steinfägemaschinen nach dem Vorgange der Amerikaner mit Diamantspitzen, sog. Karbons, montiert, indem diese mittels Hebel- oder Schraubenpressen in Bronzestückchen eingedrückt werden, welche man danach zurecht feilt, so daß die Diamanten etwas vorstehen und die beiden rechtwinkelig hierzu liegenden Seiten scharf genutet sind. Diese Blättchen werden sodann in das entsprechend ausgefeilte Stahlband eingesetzt (Fig. 5; siehe auch Fig. 14 u. 15). Dadurch steigert sich die Leistungsfähigkeit gegenüber gewöhnlichen Steinfägen auf das mehr als Zehnfache. Nach diesem Grundgedanken hat zuerst *Hough Young* in New York seine Diamantgatterfägen gebaut. Durch stetige Verbesserung der anfangs unvollkommenen Befestigung der Diamanten ist die Diamantfägerei immer mehr verbreitet worden und hat sich, nach dem Vorgange von *Arnold & Cie.* in Straßburg, auch in Deutschland eingebürgert. Die Diamantfassung von *Theodor Lange* in Brieg ⁴⁰⁾, welcher die Diamanten in Stahlstücken befestigte, ist wesentlich besser, so daß bei 1,50 ^m langer Schnittfläche des Sägeblattes binnen einer Stunde in Granit 32 bis 35 ^{cm}, in Quarzschiefer 40 ^{cm} und in Marmor 50 ^{cm} tief geschnitten wird. Die letzte Vervollkommnung hat

³⁷⁾ Nach: *Powis Bale stone working machinery. Building news*, Bd. 44, S. 4.

³⁸⁾ Siehe: *Engineer*, Bd. 42, S. 290.

³⁹⁾ Siehe: *Engineer*, Bd. 42, S. 357. — *Polyt. Journ.*, Bd. 224, S. 158.

⁴⁰⁾ D. R.-P. Nr. 55 375.

das Fassen der Diamanten durch das Patent *Offenbacher* Nr. 114 210 erhalten, nach welchem die Diamanten in Stahl eingefchweißt und dieser gleichzeitig komprimiert wird.

46.
Bandfägen.

Befonders für weichere Gefteine hat man außer den Gatterfägen auch Bandfägen zur Anwendung gebracht. Diefе arbeiten oft durch bloße Umdrehung von Stahldraht mit Schmirgelmaffe, wie diejenige von *Chevalier* und neuerdens jene von *Violette*, welche letztere den Vorzug leichter Konftruktion und Transportfähigkeit besitzt und in Frankreich deshalb mehrfach in Steinbrüchen als Trennungsfäge Anwendung findet.

Außer Stahldraht-Bandfägen finden aber auch wirkliche Bandfägen, teils mit lotrechtem, teils mit wagrechtem Bande arbeitend, und mit oder ohne Schleifmaffe oder Diamantbefatz Verwendung. Eine für weiche Steine in Deutschland gebräuchliche ift die in Fig. 6 abgebildete Bandfäge von *Offenbacher* in Markt-Redwitz. Kraftverbrauch 3 bis 5 Pferdefärken; Leistung 4 bis 8 lauf. Meter in 10 Stunden mit Diamantblatt. Ähnlich ift die befonders in Belgien eingeführte und äußerft leistungsfähige, mit Diamanten befetzte Bandfäge von *Gerard* ⁴¹⁾.

47.
Kreisfägen.

Die Kreisfägen ⁴²⁾ dienen befonders zum Säumen, Vierkanten und Nuten von Steinen und zum Bearbeiten von Flächen befchränkteren Umfanges, da der Durchmesser und damit die Schnitttiefe befchränkt ift und Scheiben von fehr großem Durchmesser zu teuer und wegen leichten Zerfpringens gefährlich find. Die Steinkreisfägen arbeiten entweder, ähnlich wie die Holzkreisfägen, auf wagrechten Achfen mit lotrechtem Schnitt, und es find häufig mehrere Sägen auf einer Welle verftellbar gekuppelt, um z. B. Tür- und Fenftergewände verfchiedener Dicke fchneiden

Vollgatter mit Schraubenlenkung von Emil Offenbacher in Markt-Redwitz.

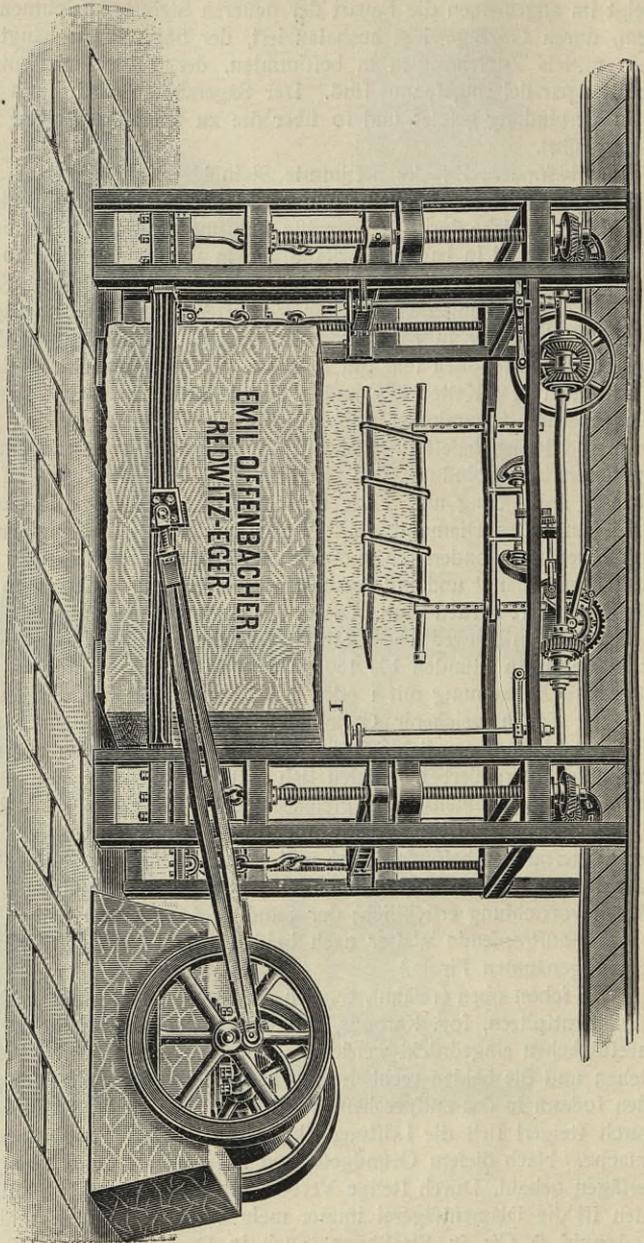


Fig. 4.

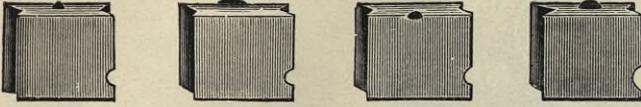
⁴¹⁾ Siehe: Deutscher Steinbildhauer 1893, Nr. 4 – ferner: AUGUSTE, A. *Grande sciöre à lame sans fin etc.* Nancy 1887.

⁴²⁾ Siehe auch: Sägemafchine von *Beverly & Atkins*. *Engng.*, Bd. 25, S. 515.

zu können; oder sie arbeiten an lotrechter Welle mit wagrechtem Schnitt; auch sind manchmal beide Antriebsarten an einer einzigen Maschine tätig, z. B. an der Nutenkreisläge von *Arnold & Cie.* in Straßburg.

Diese schneidet mittels Diamantbesatz am Umfang der gleichzeitig wagrecht und lotrecht arbeitenden Kreislägen Nuten aus Fenster- und Türgewänden in Vogelesandstein mit einer Leiftung, die jener von 7 Steinmetzen gleichkommt.

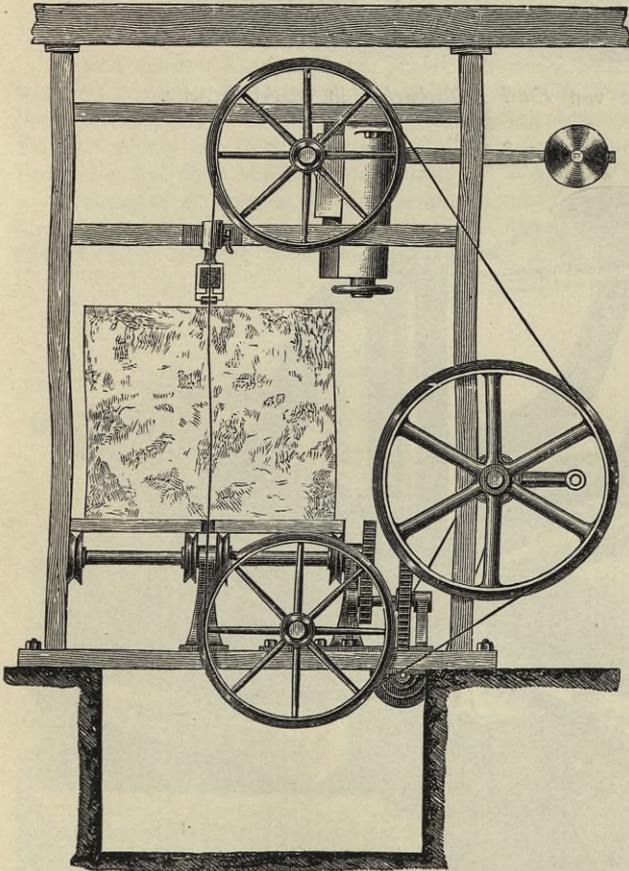
Fig. 5.



Bronzeplättchen mit Diamantspitzen für Gatterlägen.

A besteht, an welchem eine Kreuzhülse *B* derart angeordnet ist, daß sie durch die Gewändespindel *C* und das Handrad lotrecht verstellt und an jedem Punkte der Säule *A* sicher festgestellt werden kann. In der Kreuzhülse *B* befindet sich der Lagerbalken *E*, der durch das Handrad *D* ufw. wagrecht verschiebbar ist. In *E* liegen die Kreislägelle mit der Antriebsriemenscheibe und die Kreisläge.

Fig. 6.

Bandläge von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

den eigentlichen Steinbearbeitungsmaschinen. Zur Bearbeitung ebener, gekrümmter

Hierher gehört auch die von *Offenbacher* in Markt-Redwitz konstruierte Dampfkreisläge (Fig. 7), welche aus dem auf einem Betonpfeiler aufgesetzten Ständer

Ebenfalls zu den Kreislägemaschinen gehört die Konstruktion von *Hunter*⁴³⁾ mit Stahlmeißeln am Umfang und 2 Kreislägen von 1,63 m Durchmesser.

Gleichzeitig als Steinbruch- und Steinbearbeitungsmaschine arbeitet in den Travertinbrüchen von Ribbibia bei Rom die Konstruktion von *Grazioli*⁴⁴⁾. Diese schneidet ähnlich der Maschine von *Arnold & Cie.*, aber im großen Maßstabe mittels Kreislägen unmittelbar aus dem Felsen vollkommen regelmäßige Blöcke und arbeitet nach Angabe der Augenzeugen *Gabet & Grothe* vorzüglich.

Auch hier sind die Kreislägeperipherien mit Stahlmeißeln ausgerüstet. Eine durch praktische Konstruktion und außerordentliche Elastizität in der Abänderung der Tourenzahl, des Vorschubes und Schnittdruckes hervorragende Maschine ist die Diamantkreisläge von *Emerson* in Beaver Falls⁴⁵⁾. Sie macht in der Stunde bei hartem Borea-Sandstein 36,5 cm Schnittlänge und kann bei Ober- und Unterschnitt Blöcke von 1,50 m Dicke durchschneiden.

Da die Kreislägen meist auch schon zur Bearbeitung der Oberflächen der Steine dienen, bilden sie den Übergang zu

48.
Hobel-
maschinen.

⁴³⁾ Siehe: *Engineer*, Bd. 32, S. 37. — Maschinenb. 1871, S. 253.

⁴⁴⁾ Siehe: Maschinenb. 1874, S. 229.

⁴⁵⁾ Siehe: *Scientif. American*, Bd. 31, S. 159. — Maschinenb. 1873, S. 116; 1874, S. 356.

Fig. 7.

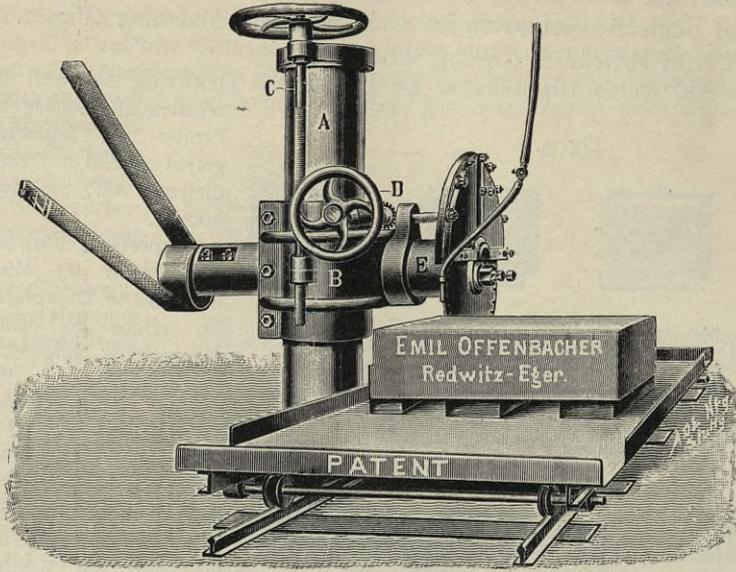
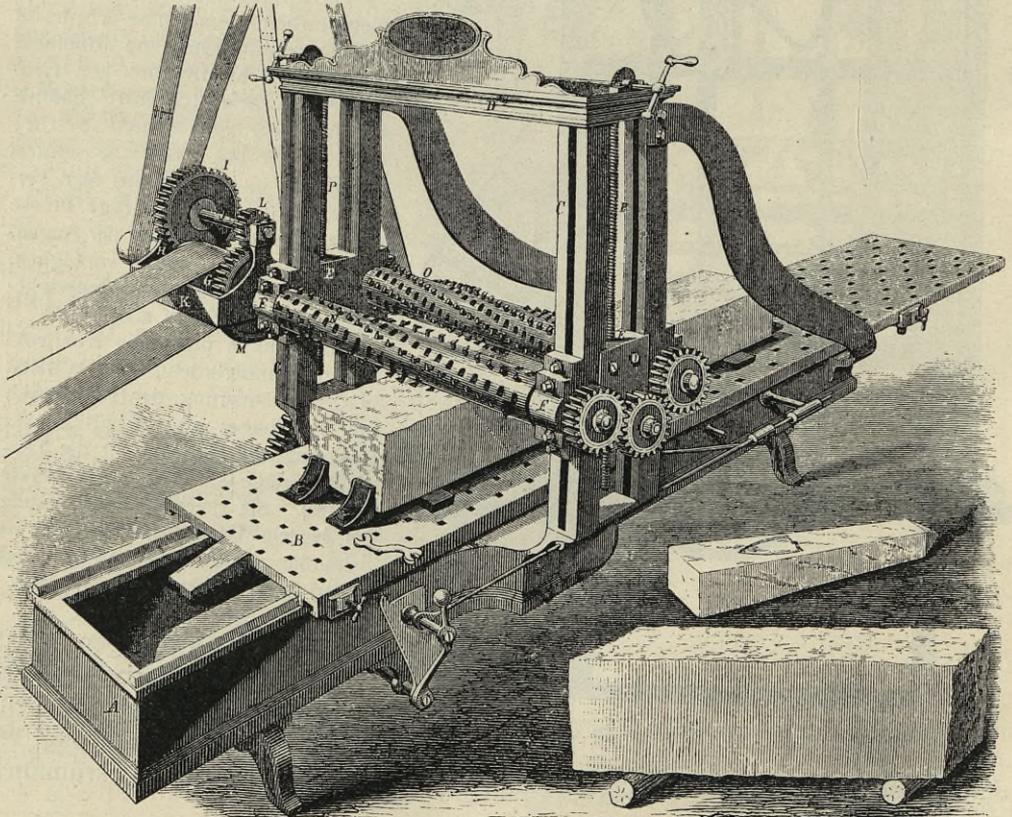
Diamant-Kreisfägemaschine von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

Fig. 8.

*Mastodon stone dresser* von *Anderfon*⁴⁰⁾.

und gebrochener Flächen dienen nach dem Vorgange der Holz- und Metallindustrie Maschinen, die im allgemeinen als Hobelmaschinen zusammengefaßt werden können. Alle diese können naturgemäß auf die in einem und demselben Steine vorkommenden Unterschiede an Härte und Zähigkeit keine Rücksicht nehmen und bleiben meist Spezialmaschinen für bestimmte Steinarten oder für bestimmte Steinformen.

Fig. 9.

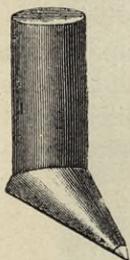
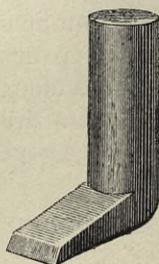


Fig. 10.

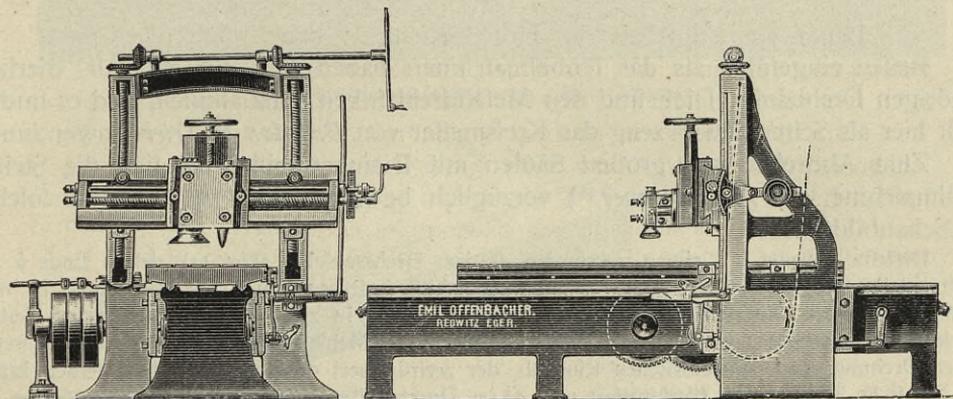


So ist der *Mastodon stone dresser* von *Anderfon* (Fig. 8⁴⁶) nach dem Grundgedanken der Holzfräsemaschinen konstruiert, welche mittels eigentümlich geformter Schropp- und Schlichtmeißel (Fig. 9 u. 10), die an Walzen eingelassen sind, arbeitet. Fig. 8 stellt die Maschine und ihre Wirkungsweise dar. Die Leitung soll dabei der von mehr als 30 Steinhauern gleichkommen. — In die gleiche Klasse gehören noch die Steinbearbeitungsmaschinen von *Holmes* in Mold⁴⁷) und von *Stacy*⁴⁸), sowie die von *Atchinson*⁴⁹) in Boston mit pendelnden Werkzeugen und die von *Lloyd*⁵⁰). — Fig. 11 zeigt eine Hobel- und Fräsemaschine von *Offenbacher*. In den feststehenden Support werden 1 oder 2 Hobelblätter oder ein Rollmesser eingesetzt; das Arbeitsstück bewegt sich hin und her. Durch Einsetzen sog. Karborundumscheiben läßt sich mit dieser Maschine zugleich auch schleifen, durch Befestigen von Diamantkreisägeblättern auch fügen.

Von neueren Konstruktionen gehört hierher die Steinfräsemaschine der Chemnitzer Maschinenfabrik⁵¹), ferner die Sektoren-Hobelmaschine von *Alb. Dittmer*⁵²), bei welcher mit Diamanten besetzte Werkzeuge von Kreis-sektorenform in schwingender Bewegung, entweder einzeln oder zu einem System vereinigt, die Herstellung eines Gefäsmstückes in einem Arbeitsgange ermöglichen. Praktische Bedeutung hat diese Maschine nicht erlangt.

Brunton & Trier in London benutzen zuerst zum Hobeln kreisförmige Schneidewerkzeuge, die, in schräger Stellung zum Arbeitsstück rollend und an der Peripherie einer sich drehenden Messerscheibe befestigt, zyklonale Schnitte von 3 bis 4 cm Tiefe und 1,40 m Höhe ausführen und

Fig. 11.



Hobelmaschine mit Stahl- und Rollmesser von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

etwa die Arbeit des Scharrierens verrichten, aber mit einer Leitung von 4 Minuten für 1 qm zu bearbeitender Fläche für Granit, für harten Kalkstein von 2 $\frac{1}{2}$ Minuten und für Sandstein von 2 Minuten (Fig. 12⁵²). Dieser Grundgedanke der kreisrunden Messer hat sich vielfach bewährt und

⁴⁶) Siehe: *Scientif. American*, Bd. 25, S. 223.

⁴⁷) Siehe: *Iron*, Bd. 3, S. 552.

⁴⁸) Siehe: *Maschinenb.* 1874, S. 195.

⁴⁹) Siehe: *Scientif. American*, Bd. 40, S. 291. — *Maschinenb.* 1879, S. 291.

⁵⁰) Siehe: *Deutscher Steinbildhauer* 1892, S. 59.

⁵¹) Siehe: *Deutscher Steinbildhauer* 1892, Nr. 10.

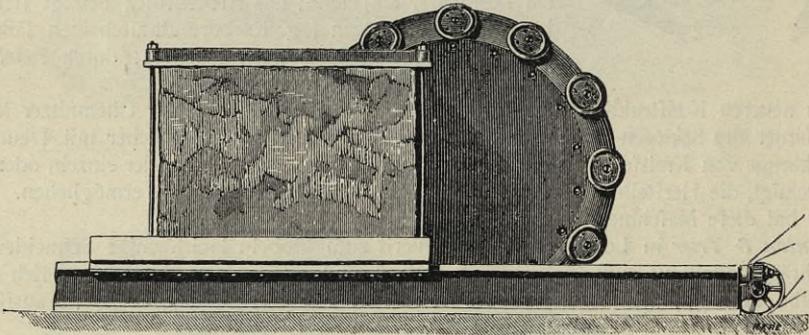
⁵²) Nach: *Prakt. Mach.-Confr.* 1878, S. 357. — *Polyt. Journ.*, Bd. 230, S. 5. — *Maschinenb.* 1879, S. 1.

ist in der Schweiz von *Rieter & Cie.* in Winterthur und in Deutschland von *Emil Offenbacher* zu Markt-Redwitz in abgeänderter, bezw. verbesserter Form ausgeführt und verbreitet worden. — Mit schwingender Welle und kreisrunden Messern arbeitet auch die Maschine von *Beier*⁵³⁾.

Die Maschinen, welche unter Stoßwirkung arbeiten, haben sich wegen der Schwierigkeit, die Kraft und die Richtung der Stöße je nach dem zu überwindenden Widerstande zu wechseln, weniger bewährt; indes ist die Steinbearbeitungsmaschine von *E. v. Bühler*⁵⁴⁾ mit durch Druckluft betätigten pneumatischen Werkzeugen praktisch eingeführt und wegen der interessanten Antriebsweise beachtenswert. — Von der großen Zahl meist zu besonderen Zwecken konstruierter Hobelmaschinen seien noch erwähnt die von *Robinson & Son* in Rochdale⁵⁵⁾, die von *Western & Cie.* in London⁵⁶⁾, jene von *Esterer* in Altötting und diejenige von *Holmes & Payton* in Mold⁵⁷⁾.

Nach den Auslagen von Praktikern, welche Erfahrungen mit Steinbearbeitungsmaschinen gemacht haben, ist heute erst infolge der sich immer mehr zuspitzenden Arbeiterfrage der Augenblick gekommen, wo die hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten derselben von den unzweifelhaften Vorteilen der Zeiterparnis gegenüber der Handarbeit bei großen Steingeschäften aufgewogen werden.

Fig. 12.

Steinbearbeitungsmaschine von *Brunton & Trier*⁵⁸⁾.

49.
Drehbänke.

Besser eingeführt als die Hobelmaschinen haben sich die ebenfalls hierher gehörigen Drehbänke. Diese sind den Metaldrehbänken ganz ähnlich, und es findet auch hier als Schneidewerkzeug das Kreismesser von *Brunton & Trier* Anwendung.

Zum Abdrehen von großen Säulen mit Diamantmeißel hat sich die Steinschälmaschine von *Alb. Dittmer*⁵⁸⁾ vorzüglich bewährt. Fig. 13 stellt eine solche im Schaubilde dar.

Dieselbe arbeitet mit einem gekröpften, starken Drehmeißel *a* (Fig. 14), dessen Ende *b* zu einem Blatte ausgearbeitet ist. Die vordere Schmalleite desselben von 5 bis 7 cm Länge ist mit Diamanten besetzt. Ein seitlich angebrachter Kanal mündet in zwei Schlitzen auf beiden Seiten des Meißelblattes behufs vollkommener Wasserspülung. Der Meißel schält vom Werkstück während dessen Drehung einen konzentrischen Ring ab, der zertrümmert oder abge schnitten werden kann. Bei 60 bis 80 Touren des Werkstückes und 45 cm Durchmesser leistet die Steinschälmaschine in hartem Granit 4 bis 10 cm, in Syenit 10 bis 15 cm, in sehr hartem Marmor 20 bis 30 cm und in weichem Sandstein 40 bis 80 cm in der Stunde.

50.
Bohrmaschinen.

Während früher das Bohren von Löchern in Werksteinen zum Zweck der Durchführung von Gasröhren ufw. stets mit der Hand so erfolgte, daß der Bohrer von einem Arbeiter gehalten und gedreht wurde, während ein anderer durch Aufschlagen mit einem schweren Hammer das Lossprengen von Steinplittern am

⁵³⁾ Siehe: Deutscher Steinbildhauer 1892, S. 341.

⁵⁴⁾ Siehe: ebendaf., S. 367.

⁵⁵⁾ Siehe: *Iron*, Bd. 14, S. 549.

⁵⁶⁾ Siehe: *Polyt. Journ.*, Bd. 230, S. 304.

⁵⁷⁾ Siehe: *Maschinenb.* 1874, S. 89.

⁵⁸⁾ Siehe: Deutscher Steinbildhauer 1892, Nr. 10 u. 20.

Boden des Loches bewirke, wobei immer die Tiefe des Loches auf wenig mehr als 1^m beschränkt blieb, können heute nach dem *Dittmer*'schen Verfahren fast beliebig starke und 4 bis 5^m tiefe Löcher gebohrt werden. Der zu durchbohrende Stein steht lotrecht und dreht sich um ein schmiedeeisernes Rohr, welches unten mit Diamanten besetzt ist (Fig. 15). Ein starker Wasserstrahl spült den Bohrstaub

Fig. 13.

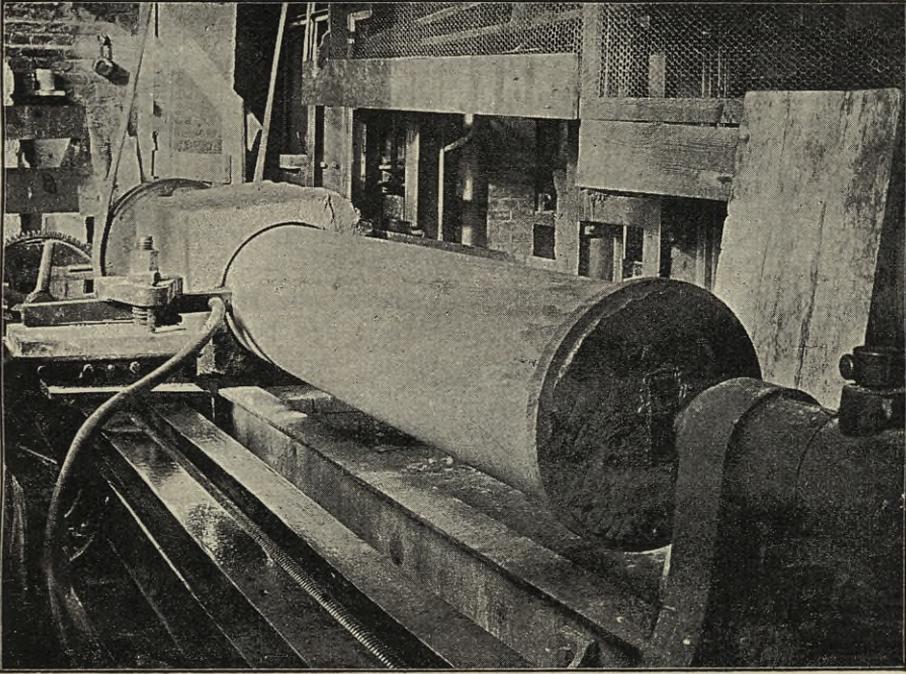
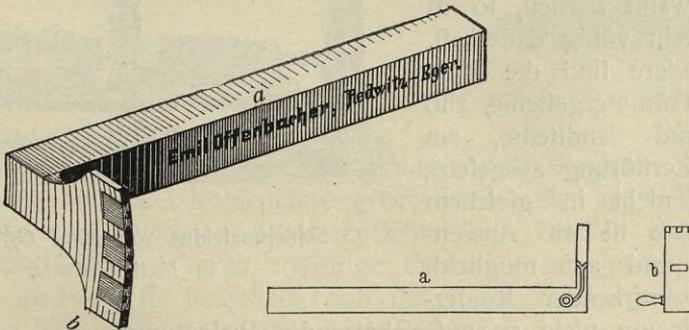
Steinchälmaschine von *Alb. Dittmer*.

Fig. 14.



aus dem Loch, welches also dadurch entsteht, daß ein dem Durchmesser des Eisenrohres entsprechender Steinzylinder abgetrennt und schließlich herausgehoben werden kann.

Die Schleif- und Poliermaschinen sind meist wagrecht rotierende Scheiben aus Stahl oder Gußeisen oder aus einem System konzentrischer Stahlreifen zusammengesetzt, die auf der zu schleifenden Steinfläche unter Zufluß von Schleif-

malfe und Waffer arbeiten. Dabei wird entweder, wie in den großen Schleifereien für Hartgefteine von *Keffel & Röhl* in Berlin, der Stein auf große, etwas exzentrisch rotierende Schleiffcheiben gelegt und langsam hin und her bewegt (Fig. 16), oder die Schleiffcheibe arbeitet lotrecht und der Stein wird unter beftimmtem Druck automatisch hin- und hergeführt.

Endlich, und dies ift insbefondere bei den Maſchinen der Fall, die gleichzeitig zum Polieren dienen, arbeitet die Schleiffcheibe wagrecht auf der Oberfläche des Steines unter vereiniger Drehung und Hin- und Herbewegung. Eine fehr verbreitete und bewährte Konftruktion diefer Art ftellt Fig. 17 in der Schleif- und Poliermaſchine von *Emil Offenbacher* dar, deffen Katalog überhaupt Maſchinen für jede Art der Steinbearbeitung enthält.

Für die Herftellung von Figuren, Ornamenten und Reliefs ſcheint die Kopiermaſchine von *Wenzel*⁵⁹⁾ von großer Bedeutung zu fein. Dieſelbe geftattet gleichzeitig die Herftellung von 4 Kopien und erſpart die Arbeit des Punktierens ganz und ebenfo den größten Teil der Arbeit des Bildhauers. Es bedarf zuletzt nur einer geringen Nacharbeit von der Hand des Künftlers, um mit mehrfacher Erſparung an Zeit und Arbeit künftlerifche Kopien in Marmor oder weichem Stein zu erzielen.

Schließlich ſei hier noch der Anwendung des bekannten Sandſtrahlgebläſes von *Tilghmann* zum Gravieren auf polierten Hartgefteinen Erwähnung getan. Auch ſoll die Sandſtrahlarbeit ſich gut zum Reinigen und Abſchleifen von angewitterten Haupteinfalladen eignen.

Obwohl die zu Monumentalbauten benutzten Steine zum großen Teile aus den erfahrungsmäßig widerftandsfähigften Gefteinen ausgewählt werden, fo ift doch kein Stein völlig dauerhaft, und insbefondere find die Karbonat- und Trümmergefteine, alfo Kalkfteine und Sandfteine, am meiften der Zerftörung ausgeſetzt, wenn auch nicht in gleichem Grade. Deshalb ift die Anwendung ſicher und auf möglichft lange Dauer wirkender Konfervierungsmittel von nicht zu unterſchätzender Bedeutung.

Bereits in Art. 41 (S. 110) wurde einiger Mittel gedacht, um die Poren von Steinen zu dichten. Schon dadurch wird ein gewiſſer Grad von Haltbarmachung erreicht, ebenfo wie echte Politur an ſich das beſte Konfervierungsmittel ift, vorausgeſetzt, daß die chemiſche Subftanz des Steines an ſich widerftandsfähig genug ift.

Fig. 15.

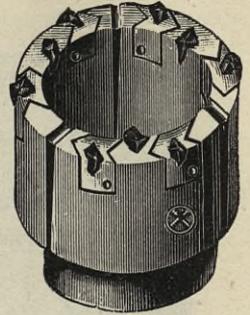
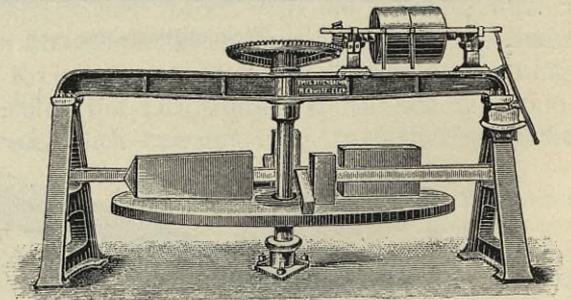
Bohrzylinder
von *Alb. Dittmer*.

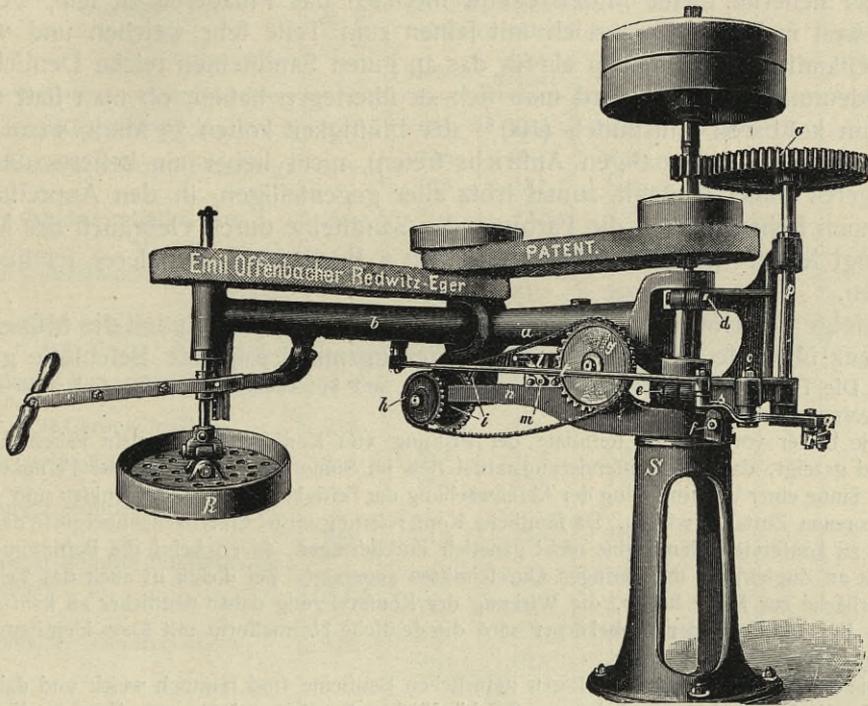
Fig. 16.

Schleifmaſchine von *Emil Offenbacher*
in Markt-Redwitz.52.
Kopier-
maſchinen
uſw.53.
Haltbar-
machung.⁵⁹⁾ Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1893, Nr. 1 u. S. 471.

Kann durch chemische Hilfsmittel die Oberfläche selbst widerstandsfähiger gemacht, in eine den Atmosphären, namentlich der Kohlenäure und Feuchtigkeit, unzugängliche Substanz umgewandelt werden, so ist die Haltbarmachung eine vollendete.

Letzteres ist bei der Einwirkung der an gleicher Stelle bereits erwähnten *Keßler'schen* Fluo-Silikate oder, technisch gesprochen, der Fluat der Fall, sobald die Einwirkung auf Kalksteine, Sandsteine mit kalkigem Bindemittel oder auf entsprechend vorbereitete Sandsteine mit anderem Bindemittel erfolgt. Durch die Einwirkung auf kohlenlauren Kalk bilden sich oberflächlich bis zu einer gewissen Tiefe Flußpat, Kieselfläure und die Oxyde oder Silikate der betreffenden Basen,

Fig. 17.

Schleif- und Poliermaschine von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

niemals aber lösliche Salze, wie bei Anwendung von Wasserglas und den anderen oben genannten Mitteln. Kohlenäure greift nicht mehr an; selbst verdünnte Säuren bewirken auf fluatierten Kalksteinflächen kein Brausen mehr, also keine Kohlenäureentwicklung. Durch 15jährige Erfahrung im großen, z. B. an der Neuen Oper in Paris, ist festgestellt, daß die Haltbarmachung vollkommen ist. Ähnlich ist die Wirkung auf Sandstein; nur bildet sich dabei ein kryolitähnliches, unlösliches Mineral, nebst Kieselfläure.

Durch das Fluatieren der Gesteine wird aber auch eine erheblich härtende Wirkung, jedoch natürlich nur soweit ausgeübt, als die Flüssigkeit in das Innere der Gesteinsmasse eindringen konnte. Der Stein erhält also eine harte Kruste.

Ein anderes Konservierungsmittel ist das Testalin von *Hartmann & Hauers* in Hannover. Hierbei werden die gereinigten und lufttrockenen Steine zunächst

mit einer alkoholischen Lösung von Ölläure-Kalifeife und darauf mit einer Tonerde-Acetatlösung (bezw. einer Lösung eines Erd- oder Metalloxydhalzes) getränkt, um so die Bildung von unlöslicher öllaurer Tonerde (bezw. Erd- oder Metalloxyd-Ölläurefeife) hervorzurufen, welche die Poren des Gesteines verstopft. Dieses Verfahren scheint mit dem *Glinzer'schen* übereinzustimmen, welches beim Rathausneubau in Hamburg angewendet wurde. *Glinzer* sagt jedoch in seinem unten genannten Werke⁶⁰⁾, daß die Flüssigkeiten keine schwefelbaren Salze enthalten dürfen, und daß „dieses Mittel nur mit größter Vorlicht anzuwenden ist“.

Das „Silikatieren“, d. h. das Bestreichen der Gesteinsoberfläche mit Wasserglas, ist ebenfalls ein zweifelhaftes Verfahren, welches nach einer Reihe von Jahren zudem noch einer Erneuerung bedarf.

Das sicherste dieser Mittel scheint hiernach das Fluatieren zu sein, welches jedoch weit mehr für Frankreich mit seinen zum Teile sehr weichen und wenig wetterbeständigen Grobkalken als für das an guten Sandsteinen reiche Deutschland von Bedeutung ist. Hier wird man sich zu überlegen haben, ob man statt dieses immerhin kostbaren Hilfsmittels (100 kg der Flüssigkeit kosten 35 Mark, wozu noch die Kosten eines mehrmaligen Anstrichs treten), nicht lieber ein besseres und zuverlässigeres Material wählt, zumal trotz aller gegenteiligen, in den Anpreisungen enthaltenen Behauptungen die Färbung der Sandsteine durch Gebrauch des Mittels unbedingt leidet. Weiße Sandsteine erhalten z. B. ein etwas dunkleres, schmutziges Aussehen.

Infolge der Untersuchungen *Tetmayer's* und *Hauenschild's* hat die Münchener Konferenz über die Prüfung der Konservierungsmittel folgende Beschlüsse gefaßt:

1) Die Prüfung der Konservierung natürlicher und künstlicher Bausteine soll mittels Zugproben vorgenommen werden.

Die bisher vorliegenden Resultate der Prüfung von Konservierungsmitteln haben übereinstimmend gezeigt, daß die Konservierungsmittel stets im Sinne einer Erhöhung der Festigkeit oder doch im Sinne einer Verminderung der Abschwächung der Festigkeit im wassergetränkten und wiederholt gefrorenen Zustande wirken. Da sämtliche Konservierungsmittel Oberflächenübergüsse darstellen und die zu konservierenden Steine nicht gänzlich durchdringen, so erscheint die Bestimmung der Festigkeit an Zugkörpern mit geringen Querschnitten angezeigt. Bei diesen ist auch das Verhältnis der Oberfläche zur Masse höher, die Wirkung der Konservierung daher deutlicher zu konstatieren.

2) Für die Form der Probekörper wird die deutsche Normalform mit 5 cm kleinstem Querschnitt gewählt.

Die der Konservierung bedürftigen natürlichen Bausteine sind sämtlich weich und daher un schwer in die Normalform zu bringen. Bei künstlichen Bausteinen kann zum Formen direkt das deutsche Modell dienen.

Der deutsche Zerreißapparat ist zur Prüfung unmittelbar geeignet.

3) Für je eine Versuchsreihe genügen 3 Probekörper. Sollten sich hierbei erhebliche Abnormitäten zeigen, so ist die Versuchsreihe mit weiteren 5 Probekörpern zu wiederholen.

4) Das Verfahren zur Prüfung auf Frostbeständigkeit, welches in Art. 19 (S. 83) für natürliche und künstliche Bausteine vorgeschrieben worden ist, soll auch zur Prüfung von Konservierungsmitteln angewendet werden. — Außerdem wird die Anstellung von Versuchen empfohlen, welche die Dauer der Konservierung feststellen. Praktisch dürfte die Wiederholung der erstmaligen Versuchsreihen nach 1 Jahr, nach 3 und 5 Jahren genügen.

5) Da es Konservierungsmittel geben kann, deren Wirkung weniger ausgesprochen in Erhöhung der Festigkeit, dagegen in Abschluß von den zerstörenden Bestandteilen der Atmosphäre durch oberflächliche Porendichtung besteht, so ist für solche die Bestimmung der scheinbaren Porosität angezeigt, welche durch Wasseraufnahmefähigkeit in Prozenten des Gewichtes einheitlicher Probekörper vor und nach der Behandlung mit dem entsprechenden Konservierungsmittel gefunden wird.

6) Die Vornahme der Konservierung der Probekörper hat nach den für die praktische Anwendung der betreffenden Konservierungsmittel gebräuchlichen Verfahren zu geschehen. Je nach

⁶⁰⁾ GLINZER, E. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Baustoffkunde usw. Dresden 1903. S. 70.

der Natur der Konfervierungsmittel empfiehlt es sich, die Verfahrungsweisen rationell abzuändern, da auch die Art der Anwendung wesentlich die Wirkung beeinflussen kann.

Es sei eine interessante Versuchsreihe von *Bauschinger* über die härtende Wirkung der Fluats auf Sandsteine aufgenommen, welche von Wert ist, wenn diese Steine als Treppenstufen benutzt werden sollen. In ernstesten Fällen wird man aber immer besser tun, Granit zu verwenden.

Für je 10 Umdrehungen der Gußeisenscheibe wurden nach Abstreifen des benutzten 10 g Naxoschmirgel Nr. III neu auf dieselbe getreut. Die Zeichen I oder II geben an, ob die betreffenden Flächen senkrecht oder parallel zu den natürlichen Lagerflächen liegen.

Material	Einheitsgewicht	Abnutzung für 100 Umdrehungen der Gußeisenscheibe, reduziert auf den Normalhalbmesser von 49 cm bei einem Druck von etwa 25 kg					Mehrabnutzung der unfluatierten Flächen
		fluatiert	nicht fluatiert	fluatiert	nicht fluatiert		
Baierfelder Keuper Sandstein	2,17	20,4	26,9	1,91	2,53	⊥	32,5
Cordeler Bunt Sandstein (Römerberg)	2,01	20,3	28,1	2,06	2,86	⊥	38,8
Cottaer Quader Sandstein, hart	2,05	19,6	31,2	1,99	3,17		59,3
		21,1	22,9	2,10	2,28	⊥	8,5
Cottaer Quader Sandstein, weich	1,99	22,2	23,2	2,21	2,31		4,5
		25,6	48,1	2,62	4,93	⊥	88,2
Eggenstedter Dyas Sandstein	1,89	26,3	37,7	2,70	3,87		43,3
		20,1	30,4	2,17	3,28	⊥	51
Heilbronner Keuper Sandstein	2,11	22,4	49,7	2,42	5,37		122
		21,3	30,6	2,06	2,96	⊥	43,7
Pfälzer Post-Carbon Sandstein	2,22	19,5	33,2	1,88	3,21		70
		18,4	23,5	1,69	2,16		27,8
Rennberger Kohlen Sandstein	2,05	32,2	57,0	3,20	5,67	?	77,2
		28,4	51,8	2,85	5,16		80
Straßburger Münster-Bunt Sandstein, hart	2,12	21,2	25,8	2,04	2,48	⊥	21,5
Straßburger Münster-Bunt Sandstein, mittelhart	2,16	19,4	24,1	1,83	2,28	⊥	24,6
		21,3	26,9	2,01	2,54		26,5
Ummendorfer Kreidesandstein	1,99	21,4	27,2	2,19	2,89	⊥	28
		24,5	33,9	2,51	3,48		34,2
		Gramm		Millim.			Vomhundert

Man sieht aus obigen Zahlen sofort, daß alle fluatierten Flächen selbst bei der härtesten Steinart eine nicht unbedeutende Minderabnutzung aufweisen, daß also wirklich die Steine an Härte und Widerstandsfähigkeit durch das Fluatieren zugenommen haben. Naturgemäß stellte sich hierbei heraus, daß, je weicher die betreffende Steinart ursprünglich war, die Härtezunahme nach dem Fluatieren eine umso größere wurde. Die Fluatierung bewirkte eine nahezu gleiche Abnutzungshärte bei allen geprüften Steinarten, deren Durchschnitt 2,23 mm beträgt, während der Durchschnitt der nicht fluatierten Flächen die Abnutzung von 3,33 mm, also eine Mehrabnutzung von nahezu 50 Vomhundert aufwies.

Literatur

über „Steinbearbeitung“ und „Steinbearbeitungsmaschinen“⁶¹⁾.

Machines for working and polishing marble. Builder, Bd. 9, S. 238, 302, 317.

HARTMANN, C. Vollständiges Handbuch der Steinarbeiten, oder die Kunst, alle Arten von Steinen und Schiefer zu gewinnen und zu bearbeiten. Weimar 1854. — 2. Aufl. 1862.

Maschine zum Sägen und Bearbeiten der Steine. Allg. Bauz. 1858, S. 117.

⁶¹⁾ Über die älteren Steinlagen findet sich ein vollständiges Literaturverzeichnis in: KARMARSH, K. Einleitung in die Lehren der mechanischen Technologie. Wien 1825. S. 98.

- WEBER, M. Das Schleifen, Poliren, Färben und künstlerische Verzieren des Marmors etc. Weimar 1864. — 3. Aufl. Wien 1884.
- Boring and cleaving stone.* *Building news*, Bd. 11, S. 485.
- Verfuche über Steinbearbeitung mittels Maschinen. *Deutsche Bauz.* 1868, S. 403, 414.
- BIRRELL & ROTHERSE. *Stone working machinery — Grosvenor estate improvements.* *Engineer*, Bd. 25, S. 114.
- Stone dressing machine.* *Engng.*, Bd. 6, S. 489. Maschinenb. 1869, S. 146.
- Lloyd's* Steinbearbeitungsmaschine. Maschinenb. 1870, S. 385.
- Patent stone-cutting and tunnelling machinery.* *Engineer*, Bd. 32, S. 37. Maschinenb. 1871, S. 253.
- Anderfon's* Steinbearbeitungsmaschine. Maschinenb. 1872, S. 20.
- Emerfon's* Diamant-Steinfäge. Maschinenb. 1873, S. 116.
- Ueber die Anwendung des Diamants zur Bearbeitung von Stein. Maschinenb. 1873, S. 154.
- Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873. Band 2. Braunschweig 1874. S. 142.
- TERRIER, CH. *Préparation mécanique des pierres de taille.* *Gaz. des arch.* 1874, S. 68. ROMBERG'S Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1874, S. 243.
- Préparation mécanique des pierres de taille.* *Gazette des arch.* 1874, S. 68.
- Wilkinson vertical stone rubber.* *Builder*, Bd. 32, S. 29.
- Steinbearbeitungsmaschine. Maschinenb. 1874, S. 89.
- Eine neue Steinbearbeitungsmaschine. Maschinenb. 1874, S. 195.
- Maschine zum Schneiden der Steine in Steinbrüchen. Maschinenb. 1874, S. 229.
- Emerfon's* Diamant-Steinfägemaschine. Maschinenb. 1874, S. 356.
- Machinery for sawing stone.* *Engineer*, Bd. 42, S. 357. *Polyt. Journ.*, Bd. 224, S. 158.
- Machine à dresser la pierre.* *La semaine des conf.* 1876—77, S. 267.
- EXNER, W. F. Die technischen Hilfsmittel des Steinbildhauers. Wien 1877.
- Brunton and Trier's stone-dressing machine.* *Engng.*, Bd. 23, S. 247. *Revue industr.* 1877, S. 209. *Polyt. Journ.*, Bd. 225, S. 133. *Prakt. Mach.-Conftr.* 1877, S. 257. Maschinenb. 1877, S. 323.
- Stone-dressing machines.* *Engng.*, Bd. 23, S. 281. *Prakt. Mach.-Conftr.* 1877, S. 478.
- Machines à scier les pierres.* *La semaine des conf.* 1877—78, S. 125.
- Machine pour planer et mouler la pierre.* *La semaine des conf.* 1877—78, S. 305.
- Die Steinbearbeitungsmaschinen auf der Weltausstellung. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1878, S. 129.
- Schmidt's* patentirte Steinbearbeitungsmaschine. Maschinenb. 1878, S. 414.
- Steinbearbeitungsmaschine von *Western & Co.* *Polyt. Journ.*, Bd. 230, S. 304.
- Steinbearbeitungsmaschinen von *Brunton & Trier.* *Prakt. Mach.-Conftr.* 1878, S. 357. *Polyt. Journ.*, Bd. 230, S. 5. Maschinenb. 1879, S. 1.
- Steinfpaltmaschine von *Gottlieb Schmidt* in Gaumitz bei Nimptsch. *Baugwks.-Ztg.* 1878, S. 484.
- Schleifen und Poliren steinerer Säulen auf der Drehbank. *Polyt. Journ.*, Bd. 229, S. 322. Maschinenb. 1879, S. 91.
- Das Schleifen und Poliren steinerer Platten und Gesimse. Maschinenb. 1879, S. 131.
- Machines anglaises à scier et dresser la pierre de taille, à faire les moulures, etc.* *La semaine des conf.* 1877—78, S. 17, 62.
- Stone sawing engine.* *Engng.*, Bd. 25, S. 515.
- Steinfägemaschine von *E. C. Pfaff.* *Prakt. Mach.-Conftr.* 1879, S. 399.
- UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Bd. III, 21: Steinbearbeitung. Leipzig 1880.
- Stone-dressing machine.* *Engng.*, Bd. 28, S. 301. *Polyt. Journ.*, Bd. 235, S. 102.
- HAUENSCHILD. Untersuchungen von Schleifsteinen, Schleif- und Polirmitteln. *Mitth. des technol. Gewerbe-Museums zu Wien* 1880, Nr. 1, 2, 3.
- Verbesserte Stein-Polirmühle. Maschinenb. 1880, S. 277.
- Maschine zur Bearbeitung von Granit, Sandstein und Schiefer; von *C. L. P. Fleck Söhne* in Berlin. *Polyt. Journ.*, Bd. 236, S. 295.
- Steinfäge von *E. C. Pfaff* in Chemnitz. *Polyt. Journ.*, Bd. 240, S. 183.
- REIFER, J. J. Steinbearbeitungsmaschine von *J. J. Rieter & Cie.* in Winterthur (System *Brunton & Trier*). *Eisenb.*, Bd. 14, S. 104.
- Steinbearbeitungsmaschine von *Brunton & Trier.* Nach *Engng.*: Maschinenb. 1881, S. 259.
- BRUNTON, J. D. & F. TRIER. *Machine à tailler la pierre.* *Portef. économ. des mach.* 1881, S. 117.
- BRUNTON, J. D. & F. TRIER'S. *On stone dressing machinery.* *Engng.*, Bd. 31, S. 275.
- BRUNTON, J. D. & F. TRIER. *Stone-dressing machinery.* *Iron*, Bd. 17, S. 74, 78.

- Steinfchleifmaschine mit Hypocycloidalbewegung der Schleifplatte und mit automatisch wirkendem Sandfren- und Wasseraufgießapparat von C. G. Roeder in Leipzig. Prakt. Masch.-Conf. 1882, S. 304.
- Die neue Bearbeitungs-Methode der natürlichen Baufteine mittels Dampfkraft und ihre Bedeutung für das gesammte Gebiet des Bauwesens. Baugwks.-Ztg. 1882, S. 430.
- Steinfläge mit Schneide aus Diamant. Deutsche Bauz. 1883, S. 484.
- Mc Donald's Steinbearbeitungs-Maschine. Techniker, Jahrg. 5, S. 337.
- BALE, M. P. *Stoneworking machinery*. *Building news*, Bd. 44, S. 4.
- Scierie multiple pour pierres tendres et demi-dures*. *Système L. Héraud*. *Revue industr.* 1884, S. 354.
- BALE, M. P. *Stone working machinery etc.* London 1884. — 2. Aufl. 1897.
- SCHWARTZE, TH. Die Steinbearbeitungsmaschinen mit Bezug auf deren Construction, Anwendung und Leistung etc. Leipzig 1885.
- Vialatte's* Steinfläge mit endlosem Draht. Techniker, Jahrg. 7, S. 78.
- Ingerfoll's* Steinblock-Abfchneide-Maschine. Techniker, Jahrg. 8, S. 97.
- DEBAUVE, A. *Notice sur les machines à travailler les pierres*. *Annales des ponts et chaussées* 1886—I, S. 352.
- DALY, M. *Machines à travailler la pierre de construction*. *La semaine des conf.*, Jahrg. II, S. 268. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Bd. 4: Die Baummaschinen. Abth. 3, Lief. 1: Gewinnung und Bearbeitung von Bausteinen. Von F. POLAK. Leipzig 1887.
- AUGUSTE, A. *Grande scierie à lame sans fin pour débiter les pierres, les marbres et les granits*. Nancy 1887.
- Maschinen zur Bearbeitung von Steinen. Prakt. Masch.-Conf. 1887, S. 17.
- Stein-Schleif- und Polirmaschine von Emil Offenbacher. UHLAND's Techn. Rundschau, Jahrg. 3, S. 69.
- Steinbearbeitungsmaschine von Ed. Ritschel. UHLAND's Techn. Rundschau, Jahrg. 3, S. 141.
- Le sciage des pierres, marbres et granits*. *La semaine des conf.*, Jahrg. 13, S. 183.
- TOBELL, J. Ueber die vortheilhafteste Bearbeitung der rohen Werkstücke. Civiling. 1889, S. 569.
- Machines à scier les pierres*. *La semaine des conf.*, Jahrg. 14, S. 172.
- Bandfläge zur Steinbearbeitung von Armand Auguste, Paris. Prakt. Masch.-Conf., Jahrg. 23, S. 68.
- Das Diamantwerkzeug für die Steinbearbeitung. Polyt. Journ., Bd. 281, S. 121.
- Maschinen zur Bearbeitung von Steinen mittels Diamantwerkzeuge von Fromholt, Blankart & Co. Polyt. Journ., Bd. 282, S. 194.
- Maschine zur Bearbeitung von Steinen. Ausgeführt von der Firma Giraud, Marini & Cie. in Rom. GLASER's Ann. f. Gwbe. u. Bauw., Bd. 31, S. 71.
- Steinbearbeitungsanlagen von J. Thonar-Dejeuffe, Namur. Prakt. Masch.-Conf. 1893, S. 138, 142.
- Trier's double action stone-dressing machine*. *Builder*, Bd. 65, S. 225. *Engng.*, Bd. 56, S. 268.
- KRAUTH, TH. & S. MEYER. Das Steinhauerbuch. Leipzig 1896.
- SCHWARTZE, TH. Die Steinbearbeitung und ihre neuesten Fortschritte. Berlin 1897.
- Das Hergenhahn'sche Verfahren zum maschinellen Bearbeiten der Steine. UHLAND's Techn. Rundschau, Gruppe II, 1899, S. 34. Baugwks.-Ztg. 1898, S. 1625.
- KARMARSCHE-FISCHER. Handbuch der mechanischen Technologie. Bd. II, 3. 6. Aufl. 1901.
- Kreuzer's*che Steinspaltmaschine. Baumaterialienkde. 1901, S. 27.

Literatur

über „Haltbarmachung (Konfervierung) der Baufteine“.

- BURNEL, G. R. *On building-stones — the causes of their decay, and the means of preventing it*. *Builder*, Bd. 18, S. 132, 147, 163.
- HEINZLERING. Ueber ein Verfahren, Steine zu härten und zu poliren. Techn. Centralbl. 1885, Nov. Bericht des Herrn Troost über die von Herrn L. Kestler in Clermont-Ferrand zur Härtung, Glättung und Färbung der weichen Kalksteine angewendeten Verfahren. *Bulletin de la soc. d'encourag.* 1885, Feb., S. 76.
- TETMAJER, L. Zur Frage der Confervierung der natürlichen Baufteine. Schweiz. Bauz., Bd. 9, S. 91.
- HAUENSCHILD, H. Die Kestler'schen Fluats etc. Berlin 1892. — 2. Aufl. 1895.
- Die ökonomische Bedeutung der Kestler'schen Fluats. Baugwks.-Ztg. 1892, S. 856.
- La marmorisation par le procédé et le travail mécanique des pierres*. *Panthéon de l'ind.* 1892, Aug., S. 238.

- Die härtende Wirkung der *Keßler'schen* Fluat auf Sandsteine. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 173.
- ABEL. Ueber die *Keßler'schen* Fluat zum Härten von Steinen, Cement, Mörtel, Gyps u. f. w. Gewbl. aus Württemberg 1893, Nr. 25; 1894, Nr. 26.
- Härten der Baumaterialien mittels Fluaten. Bad. Gewbztg. 1893, Nr. 47.
- GLINZER. Härtungsmethoden von Bausteinen, insbesondere das Fluatiren. Zeitfchr. f. ang. Chemie 1893, Heft 17.
- Ueber das Conserviren unserer Kunstdenkmäler, bezw. das Härten von Marmor und weichen Steinen. Allg. Kunst-Chronik 1893, Heft 25.
- GLINZER, E. Ueber Konservirung natürlicher Steine. Deutsche Bauz. 1894, S. 175.
- MERKEL, C. Der Verfall der Bausteine und die Verhütung desselben. Deutscher Steinbildhauer 1894, Nr. 4 u. ff.
- Behandlung von Steinen mit den *Keßler'schen* Fluaten. Deutsches Steinbildh.-Journ. 1894, Nr. 5.
- Anwendung der *Keßler'schen* Fluat für Cement, Gyps etc. Deutsches Steinbildh.-Journ. 1894, Nr. 7.
- Nochmals die *Keßler'schen* Fluat. Deutscher Steinbildhauer 1894, Nr. 8.

2. Kapitel.

Tonerzeugnisse.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

54.
Tonerzeugnisse
im
allgemeinen.

Wenn der Stein die naturgemäße und edelste materielle Unterlage der Architektur ist, so sind jene Materialien, welche mittels eingreifender Form- und chemischer Änderungen die Eigenschaften guter Steine erlangen, das Weitverbreitetste und dem Bedürfnis Zufugendste. Hierin spielt wieder das Gebiet der Tonerzeugnisse weitaus die bedeutendste Rolle. Die Zersetzungsprodukte der Erdrinde, das aus allen Fugen und Formen gewichene amorphe Überbleibsel, teilweise lagernd als Verwitterungsmantel über den ursprünglichen Steinen, teilweise durch die transportierende Kraft des Wassers weithin nach allen Richtungen als feiner Schlamm geführt und endlich mannigfach verunreinigt und vermischt mit den Verwesungsprodukten anderer Gesteine, bilden das Rohmaterial zur ältesten aller Großindustrien, der Tonindustrie (Keramik); denn der Ton ist nicht nur das verbreitetste, fast mit Sicherheit überall dort zu findende Material, wo die Bedingungen für dauernde Niederlassung und dauernde Kultur gegeben sind, sondern auch das dem Bedürfnis am meisten zuzugende. Welches Material böte der formenden Hand auch nur annähernd weniger Widerstände, um doch dabei die geformte Gestalt dauernd zu behalten, eine genügende Festigkeit anzunehmen und jene Summe von Porosität zu behalten, welche in Bezug auf Wärmeleitung und Lüftung die denkbar günstigste ist! Es war der genialste Instinkt, welcher zuerst zur Verwendung des Tones trieb und welcher die fruchtbarste Pflanzstätte für formende Kunst wurde.

Wenn wir heute die Tonindustrie zu den chemischen Industrien zählen, so dürfen wir nicht vergessen, daß die keramische Chemie erst seit einigen Jahrzehnten zählt, während die Blüteepochen der Industrie vor Jahrhunderten als eine Folge unablässiger Erfindungsbegierde und empirischen Vergleichens und Probierens vorhanden waren. Allerdings ist durch die Wissenschaft heute das Meiste, was früher Eigentum eines Einzigen war und mit ihm starb, Gemeingut aller Fachleute geworden, und die technischen Fortschritte sind geradezu ebenso epochemachend wie die Umwälzung im Verkehrswesen infolge der Erfindung der Dampfmaschine; aber die künstlerische Entwicklung hat ihren Höhepunkt gewiß noch nicht erreicht.

55.
Einteilung.

Die Tonerzeugnisse lassen sich in zwei große Klassen einteilen, von denen jede einzelne in ihrer Masse physikalisch scharf gekennzeichnet erscheint, während

nach den verschiedenen Graden der Feinheit, Gleichartigkeit und Färbung einerseits, nach dem verschiedenen Überzuge zum Schutze und als Dekoration andererseits mehrere Untergattungen sich ergeben, welche verschiedenen Zwecken dienen.

Der Bruch des fertigen Erzeugnisses gibt den Haupteinteilungsgrund ab. Entweder ist derselbe porös oder zeigt einen höchstens gefinterten Scherben, oder er ist vollkommen dicht, glasig, zeigt deutliche Schmelzstruktur.

Die Tonwaren mit nicht geflossenem Scherben sind entweder aus solchen Tönen gebrannt, welche keine Flußmittel enthalten, oder sie haben, wenn solche vorhanden sind, nur einen Hitzeegrad erhalten, der das Erweichen oder Schmelzen dieser Flußmittel nicht zuläßt und nur das Dichterwerden oder Zusammenfintern gestattet. Die Masse bleibt porös, saugt Wasser ein oder läßt es durchschwitzen; der Bruch ist erdig-kreidig, und ein trockenes Stück haftet mehr oder minder an der Zunge.

Die Tonwaren mit nichtgeflossenem undichtem Scherben teilen wir nach dem Vorschlage *Hartig's*⁶²⁾ in folgende Gruppen:

a) Irdenware. Darunter versteht man jedes undicht gebrannte Erzeugnis aus nach dem Brennen farbigem Ton, das weder glasiert, noch lackiert oder irgend sonst dekoriert ist. Dahin gehören:

56.
Irdenware.

1) Backsteine oder Ziegel, das gewöhnlichste und eigentliche Konstruktionsmaterial aus gebranntem Ton, das bereits im vorhergehenden Kapitel abgehandelt ist.

2) Drainröhren und Blumentöpfe, schwach gebrannte, möglichst poröse, unglasierte Roh-Irdenware, die als Material des Ausbaues nur nebenfächlich in Betracht kommen kann.

3) Terrakotta. Diese ist ein uraltes Dekorationsmaterial, welches bei gehöriger Auswahl des Rohstoffes und Sorgfalt der Fabrikation alle ausgezeichneten Eigenschaften einer plastischen Masse mit der Gewähr der Dauerhaftigkeit vereinigt und eine billige Dekoration gestattet. Das vielfache Vorurteil gegen Terrakotta als unedles und wenig dauerhaftes Material ist durch viele Beispiele wohlerhaltener Terrakotten aus der alten Zeit und aus dem Mittelalter, sowie durch die ausgezeichneten Erzeugnisse der jetzigen größeren Tonwarenfabriken gründlich widerlegt.

Die Terrakotten werden aus verschiedenfarbigen Tönen angefertigt und, zur Erzeugung einer dichten, dem Gefüge natürlicher Steine nahekommenden Oberfläche, mit verschiedenen, sorgfältig ausgewählten Magerungs- und Sinterungsmitteln gemengt, welche beim Trocknen und Brennen ein allseitig gleichmäßiges Schwinden besitzen müssen. Das Schwindmaß beträgt meist etwa $\frac{1}{12}$, worauf bei Anfertigung der Zeichnungen genau Rücksicht genommen werden muß. Da auch das gleichmäßige Schwinden mit der Dicke der Masse zusammenhängt, so werden alle nicht flächenförmigen Terrakotten hohl hergestellt, wodurch für den Bau der weitere Vorteil geringen Eigengewichtes gewonnen wird.

Die verschiedenartigen Farbentöne vom reinen Weiß, Gelb, Rot werden häufig auch durch Engobieren oder Eintauchen der getrockneten Stücke in eine Tonschlüppe von gewünschter Farbe erzeugt, ein Verfahren, welches schon die alten Griechen kannten und welches in neuerer Zeit auf Vorschlag des um die Hebung der Keramik so hochverdienten *Türschmidt* wieder eingeführt wurde.

Alle nur erdenklichen Ornamente werden aus Terrakotta angefertigt, und die Vervielfältigung durch Modellformen gestattet eine sehr bedeutende Ermäßigung der Kosten. Die Abmessungen sind innerhalb gewisser Grenzen beliebig, und es sollen z. B. (nach *Gottgetreu*) Säulenschäfte bis 6,50 m Höhe, Kolossalfiguren von 5,13 m Höhe ufw. vorkommen. Statuen und Karyatiden von 2,50 m

⁶²⁾ Technologische Einteilung der Erzeugnisse aus gebranntem Ton. *Civiling*. 1888, S. 653.

Höhe, Säulen von gleicher Höhe und darüber (bei rund 30 cm Durchmesser), Volutenkonfölen bis 1,20 m Höhe, Akroterien, Kandelaber und Vasen von 2,00 m Höhe, ferner Friefe, Medaillons, Rosetten, Trophäen usw. von ähnlich bedeutenden Abmessungen werden vielfach hergestellt. Beim Berliner Rathaus, ebenso bei der Universität zu Königsberg, hat sich aber herausgestellt, daß freistehende hohle Tonmassen, wie Figuren, dem nordischen Winter nicht standhalten; sie zerfrangen und zerfielen nach einigen Jahren trotz ihrer vollendet guten Herstellung.

Die Tragfähigkeit der Terrakotten wird in der Regel garnicht oder nur wenig in Anspruch genommen. Indeß zeigen die Versuche von *Pulham*, daß gute englische Terrakotten immerhin 430 kg für 1 qm tragen. Versuche mit Konfölen der Tonwarenfabrik von *Ernst March Söhne* in Charlottenburg bewiesen ebenfalls die bedeutende Tragfähigkeit deutscher Handelsware.

Beim Bau des Kunstgewerbemuseums in Berlin wurden Probelastungen mit Terrakotkonfölen und Architraven aus letzterer Fabrik vorgenommen, denen wir entnehmen, daß eine Konföle des Hauptgesimfes der Kunstschule von 39 cm Höhe und 66 cm freitragender Ausladung bei etwa 2 cm Wandstärke und einer Belastung in der Mitte von 1995 kg brach, eine Unterkonföle vom Hauptgesimfe des Kunstgewerbemuseums von nur 21 cm Höhe und 38 cm Ausladung bei 725 kg, die Oberkonföle dazu von 32 cm Höhe und 52 cm Ausladung bei 2027,5 kg, während bei beiden letzteren Konfölen zusammen verbunden erst eine Belastung von 5353 kg den Bruch herbeiführte. Die Gesimfkonfölen waren dabei in einer 1½ Stein starken Mauer fest vermauert und der ganzen Ausladung nach mit Ziegeln in Gipsmörtel übermauert.

Ein Architravstück von 24 cm Höhe, beinahe quadratisch kastenförmigem Querschnitt und 1-m Länge, Auflager frei verlegt, in der Mitte belastet, brach bei 3513 kg.

Obwohl sich bei Terrakotten wegen der verwickelten Formen allgemeine Koeffizienten nicht gut aufstellen lassen, so kann doch eine ganz bedeutende Widerstandsfähigkeit auch mit zu ihren guten Eigenschaften gezählt werden.

57.
Lackware.

b) Lackware. Meist Zierwaren und Nippfachen aus undicht gebrannter farbigem Grundmasse, unglasiert, aber mit Lackfarbe dekoriert. Dahin gehören die Siderolithwaren, im Grunde genommen nichts als lackierte Terrakotten.

58.
Verglühgut.

c) Verglühgut. Darunter versteht man schwachgebrannte Erzeugnisse aus weißbrennendem Ton, unglasiert. Dahin gehören z. B. die Tonzellen für galvanische Elemente, die Kölner-Pfeifen usw.

59.
Schmelzware.

d) Schmelzware. Mit diesem Namen werden alle glasierten Tonwaren mit farbig gebranntem undichtem Scherben bezeichnet. Für die äußere Architektur haben die hierher gehörigen gewöhnlichen Töpferwaren wenig Bedeutung, dagegen für den inneren Ausbau allerdings die Ofenkacheln, Majolika und Fayence.

Das Bedürfnis nach Abwechslung in Form und Farbe, besonders an größeren Flächen, führte in der Architektur frühzeitig zur Polychromie. Bei Flächen, welche den zerstörenden Atmosphärien unmittelbar ausgesetzt sind, sann man nach Mitteln, diese Abwechslung durch polychrome Flachornamentik zu bewirken, und fand hierfür zwei verschiedene Verfahren. Entweder bildete man das Ornament aus harten vielfarbigem Fragmenten von natürlichem oder künstlichem Stein von geringen Abmessungen, man erfand die Mosaiktechnik, oder man gab dem gebrannten Scherben einen haltbaren, oft mit unvergänglichen Farben zu dekorierenden Malgrund, die Glasur, und erfand dadurch Majolika und Fayence.

60.
Ofenkacheln.

Bei Herstellung der Ofenkacheln wird auf ein rechteckiges Blatt von 21 × 24 cm (= 8 × 9 Zoll) Seitenlänge, das „Blatt oder die Platte“, ein erhöhter, eingebogener Rand („Hals, Rumpf oder Zarge“) gepreßt. Das Blatt kann eben („Plattkacheln“), vertieft („Napfkacheln“) oder reliefiert, ferner unglasiert („Biskuitkacheln“) oder glasiert fein („Schmelzkacheln“). Bei letzteren wird nach dem Brennen das Blatt auf einer eisernen Platte mit feinem Sand geschliffen, nachher mit Glasur usw. versehen und von neuem gebrannt. Außerdem hat man noch Eck-, Fries- und Gesimskacheln.

Die Majolika, ursprünglich zur Dekorierung von Putzestrich und Putzwand benutzt, wurde in neuester Zeit auch auf keramische Erzeugnisse, zu Boden- und Wandfliesen, angewandt. Die berühmten Fliesen von *Minton, Hollins & Co.* in Stoke upon Trent in England, die Mettlacher Platten usw. gehören in diese Klasse. Die großen Tonwarenfabriken von *Ernst March Söhne* in Charlottenburg und der Wienerberger-Gesellschaft in Inzersdorf bei Wien pflegen den gleichen Zweig dieser Technik mit großem Erfolge.

Nach dem Vorgange der *Minton'schen* Fabrik unterscheiden wir auch:

- α) Enkaustische Fliesen (*Encaustic tiles*), welche in der Weise hergestellt erscheinen, daß entweder das Ornament zuerst in einer vertieften Form mit entsprechend gefärbtem Ton, darauf erst der Grund in plattischem Ton gepreßt wird, wie bei der englischen Ware, oder aber, daß zuerst der Grund hergestellt und dann erst das vertieft ausgesparte Ornament durch Pressen falt trockenen Tonpulvers angebracht wird, wie bei der deutschen Ware. Um hierbei größte Dichte des fertigen Steines zu erzielen, werden Pulver von Feuerstein oder Feldspat als Magerungsmittel zugesetzt und die Tafeln scharf bis zur Sinterung gebrannt. Gute enkaustische Fliesen geben deshalb auch mit dem Stahle Funken (sog. Mettlacher Fliesen von *Villeroy & Boch* u. a.).
- β) Mosaikfliesen (*Mosaic tiles*) werden aus scharf gepreßten und scharfkantigen Prismen von verschiedenfarbigem Ton (*Tefferae*), welche meist auch Glasur erhalten, nach Zeichnung trocken zusammengestellt und sodann durch eine Paste, meist Portlandzement, gebunden.
- γ) Relieffliesen (*Embossed tiles*), wobei nicht, wie bei den enkaustischen *Minton*-Fliesen, die Vertiefungen der Form durch verschiedenfarbige Tonschlänpe ausgefüllt werden, sondern bei denen nach schwachem Brennen die erhabenen Stellen mit einer durchscheinenden Glasurfarbe versehen werden, welche sehr leichtflüchtig ist und daher nach dem Einbrennen kräftig plattisch (durch Schattenerzeugung) wirkt.
- δ) Fayence-Majolika-Fliesen (*Majolica tiles*), welche aus weißem Ton oder weiß engobiert mit einer undurchsichtigen Zinn-Blei-Glasur versehen sind, unter oder über welcher die Zeichnung durch Handmalerei oder Druck angebracht wird.
- ε) Schweizer-Majolika, nach der alten Sgraffittomanier dadurch dekoriert, daß über einem anders gefärbten Grund eine Engobe angebracht und durch diese Kruste hindurch, durch Einritzen, der Grund in schraffierten Linien bloßgelegt wird. Diese von *Keller-Leuzinger* in Heimberg (Kanton Thun) eingeführte Technik wird übrigens meist für Töpferwaren angewendet, welche mit durchsichtiger Bleiglasur und verschiedenfarbigen Metall-Luftrefarben versehen sind.

Die drei letzten der angeführten Verfahren gehören dem Gebiet dessen an, was man Fayence und Majolika, resp. Mezza-Majolika nennt. Zu erwähnen wäre hierbei auch noch die Verwendung solcher Fliesen als Ausbaumaterial zu Fußbodenbelägen, Wandverkleidungen, für Frieße und Einlagen in Mauern usw.⁶³⁾

Die eigentliche Majolika (von der durch Mauren auf Majorca gepflegten Technik so genannt) ist mit undurchsichtiger Emailglasur versehen, auf welche vor dem Einbrennen die verschiedenen Farben aufgetragen werden; dies ist die eigentliche *Lucca-della-Robbia*-Manier. Die Majolikatechnik wurde später in Frankreich durch *Palissy* u. a. wieder aufgefunden und daselbst zu hoher Blüte gebracht; *Palissy* verband mit feinen großen Wandfliesen auch die Relieffornamentik und erzielte dadurch eine doppelte Wirkung.

Die eigentliche feine Fayence (*Fayence d'art, Fayence à pâte tendre*) wurde durch Engobieren eines Untergrundes mit feinem weißen Pfeifenton hervorgebracht und mit einer durchsichtigen Erd- oder Bleiglasur versehen.

Die Mezza-Majolika ist ebenfalls mit durchsichtiger Bleiglasur, aber stets auch mit Metall-Lustre versehen. Zu dieser gehören die Gubbiowaren.

Heute werden alle diese Arten von Dekoration je nach der beabsichtigten Wirkung angewendet, und es verdient besonders das österreichische Kunstgewerbemuseum in Wien als Wiedererweckerin der alten Majolika- und Fayencetechnik genannt zu werden. *Kosch* hat fast alle alten

⁶³⁾ Näheres darüber wird in Teil III, Band 3, Heft 3 gesagt werden.

Glasurfarben in ihrer ganzen Herrlichkeit wieder komponiert, manche noch übertroffen, und die Arbeiten von *Wahlß, Schütz, Klammert, Fischer-Herend* ufw. beweisen, daß auch die Technik der Ausführung stetige Fortschritte macht.

Schließlich wäre noch der Anwendung der Majolika- und Fayencetechnik in der Ofenfabrikation zu gedenken, welche schon im späten Mittelalter und in der Renaissance blühte und deren Wiederbelebung gleichfalls der Neuzeit angehört. (Siehe auch den vorhergehenden Artikel.)

62.
Steingut.

e) Steingut. Jede glasierte Tonware mit weißgebrannten undichten Scherben ist genau als Steingut zu bezeichnen. Da Fayence häufig mit weißbrennendem Ton begossen wird und da andererseits Tonwaren aus weißbrennendem Ton schärfer gebrannt, dichten Scherben geben, so entstehen Übergänge verschiedener Art, und man verwechselt häufig Steingut mit Fayence und nennt umgekehrt Steinzeugwaren häufig Steingut.

Die Tonwaren mit geflossenem, dichtem Scherben sind aus Tönen geformt, welche eine entsprechende Menge Flußmittel entweder ursprünglich enthielten oder künstlich zugeetzt bekamen, und stets bei einer so hohen Temperatur gebrannt, daß dieses Flußmittel schmolz und die damit innigst gemengte Masse weich machte, so daß das Ganze eine beginnende Schmelzung, Sinterung, erlitt. Sie haben einen dichten, für Flüssigkeiten undurchlässigen Bruch von glänzendem, muschelförmigem Ansehen, haften nicht an der Zunge und lassen sich vom Messer nicht ritzen.

Je nach der Farbe des glinterten Tones und der Dekorierung werden nach *Hartig* folgende Abteilungen unterschieden:

63.
Klinkerware.

f) Klinkerware sind dicht gebrannte, nicht glasierte Erzeugnisse aus farbig gebranntem Ton.

Dahin gehören als rohe Ware die Klinker, das tragfähigste, dichteste und dauerhafteste Konstruktionsmaterial, das schon im vorigen Kapitel (Art. 31, S. 100) besprochen wurde, ebenso die Kunstbalaststeine und die *Iron bricks*.

Ferner ist als feine Ware von künstlerisch hervorragendem Werte hierher gehörig das Wedgwood, feine, nicht durchscheinende, entweder in der Masse gefärbte oder mit farbigem Überzug versehene Klinkerware, bei der besonders die blauen und grünen Farben geschätzt werden, auf welche meist weiße Reliefs aufgesetzt sind. An das Wedgwood schließt sich der ähnliche Chromolith an.

64.
Steinzeug.

g) Steinzeug. Darunter sind Tonwaren mit farbigem, geflossenem Scherben zu verstehen, die eine Glasur besitzen.

Dahin gehören als Rohware das ordinäre Steinzeug, das sich durch große Härte und Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung, sowie durch größte Festigkeit auszeichnet und deshalb ausgedehnteste Anwendung zu stark beanspruchten Baumaterialien findet. Es wird gewöhnlich mit schwer schmelzbarer Erdglasur von brauner oder graphitischwarzer Farbe versehen. Besonders werden Steinzeugröhren zu Abort-, Kanal-, Wasser- und Dunstleitungen hergestellt, ebenso Abortbecken, Ausgußbecken, Siphons und andere Formstücke.

Für die Steinzeugröhren sind vom „Verband Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine“ im Jahre 1903 Normalabmessungen vereinbart worden, und zwar: 10, 12,5, 15 und 20 cm Durchmesser bei bezw. 1,5, 1,6, 1,7 und 1,9 cm zulässiger kleinster Wandstärke sowie 0,60 und 1,00 m Länge. Doch werden auch Röhren mit erheblich größerem Durchmesser, bis 60 cm und darüber, angefertigt.

Häufig werden auch Schornsteinauflätze der verschiedensten Konstruktion verwendet, ferner Kamin- und Mauerabdeckplatten, Bürgersteig- und Wandplatten ufw. In chemischen Fabriken, Laboratorien ufw., wo es auf Widerstand gegen Einwirkung von Säuren ufw. ankommt, sind Steinzeugwaren geradezu unentbehrlich.

Steinzeigröhren widerstehen einem inneren Drucke um so mehr, je geringer ihre lichte Weite ist: bis 27 Atmosphären und darüber bei engen und etwa nur 4,5 Atmosphären bei sehr weiten Röhren, natürlich unter Voraussetzung sorgfältigster Herstellung⁶⁴).

Zum ordinären Steinzeug gehören noch ein großer Teil der gewöhnlichen Gebrauchsgelchirre (Bunzlauer Geschirr), sowie die mit Salzglaser versehenen Steinzeugkruken und die deutschen Steinkrüge aus dem Nassauer Kannenbeckerlande.

Einen Übergang zu der nächsten Gruppe bildet das sog. weiße Steinzeug aus weißem Ton mit einem Feldspatflußmittel und durchlichtiger bleihaltiger Glasur. Dasselbe dient als unechtes Porzellan zum Ersatz des echten Porzellans und wird unrichtigerweise häufig als Steingutware bezeichnet. Von dem echten Porzellan unterscheidet es sich durch den Mangel am Durchschein.

h) Biskuitporzellan ist weißes, gering durchscheinendes, unglasiertes Erzeugnis, aus Porzellanerde erbrannt, das zu plastischen Darstellungen mannigfaltige Anwendung findet. Es zeichnet sich als halbglaßiges, bis zum völligen Fritten gebranntes Erzeugnis durch die größte Härte und Festigkeit aus, die bei nicht metallischen Materialien bekannt ist, gibt mit dem Stahl Funken und erreicht nach *Michaëlis* eine Druckfestigkeit von 4364 bis 13 933 kg für 1 q^{cm}, während die entsprechende Zugfestigkeit 227 bis 266 kg beträgt.

Zum Biskuitporzellan gehört auch das gelblich-weiße englische Parainstatuen-Porzellan.

i) Glasurporzellan unterscheidet sich vom Biskuitporzellan durch seine ausgezeichnete Schmelzglaser und wurde in Europa vom Goldmacher *Böttger*, dem Begründer der Meißener Porzellanmanufaktur, erfunden; die Fabriken von Wien, Berlin und München usw. sind Töchter der Meißener Fabrik. Frankreich ging mit seiner berühmten Manufaktur von Sèvres selbständig vor und erreichte namentlich durch *Brogniart* seine höchste Blüte. In England wurde von *Wedgwood* die Porzellanindustrie begründet. In neuerer Zeit hat die Berliner Porzellanmanufaktur durch die Erfindung des *Sege*r-Porzellans die alten japanischen Porzellane in ihren herrlichen Farbentönen erreicht und ganz neue Gebiete des Dekorierens und der Verwendung von Porzellan erschlossen. Man unterscheidet denn auch im allgemeinen folgende Sorten Porzellan:

1) Echtes oder hartes Porzellan mit gleichmäßig geflossener Masse, stahlhart, durchscheinend, feinkörnig, klingend, strengflüssig; mit bleifreier harter Glasur glasiert und entweder unter der Glasur mit Scharffeuerfarben oder über der Glasur mit Muffelfarben gemalt.

2) *Sege*r-Porzellan, nach dem Chemiker der Berliner Manufaktur (Professor *Sege*r) benannt, hat Ähnlichkeit mit dem japanischen Porzellan, ist weniger strengflüssig, noch mehr durchscheinend als das bisherige Porzellan, und besitzt eine leicht gelbliche Elfenbeinfarbe. Es gestattet eine viel reichere Anwendung von Metalloxydfarben in und unter der Glasur mit ungleich höherem Glanz und größerer Schönheit als bisher. Namentlich ist hierbei die Herstellung des echten chinesischen Rot gelungen, und es werden neben den schönsten Ziergefäßen glänzend wirkende Fliesen mit teppichartig rauhen Oberflächen hergestellt, eine neue Technik von großer Tragweite, da jetzt Platten von 1 cm Dicke durch und durch gefrittet hergestellt werden können.

3) Frittenporzellan oder weiches Porzellan, unterschieden in französisches Frittenporzellan von geringer Strengflüssigkeit mit weicher, bleihaltiger

65.
Biskuit-
porzellan.

66.
Glasur-
porzellan.

⁶⁴) Siehe: KÖPPE. Proben mit verschiedenen Wasserleitungsröhren. Deutsche Industrie-Ztg. 1875, S. 265 u. 278.

Glasur und Farben unter der Glasur eingebrannt, und englisches Frittenporzellan, Kaolinporzellan mit Knochenasche als Flußmittel, weicher und weniger haltbar als das echte Porzellan.

Die diesem Kapitel gezogenen Grenzen gestatten nicht ein Eingehen in die Einzelheiten der mannigfachen Abtufungen der Tonerzeugnisse; *Salvetat* zählt allein 74 verschiedene Arten auf.

Literatur.

Bücher über „Tonerzeugnisse“ und „ihre Herstellung“.

- HARTMANN, C. F. A. Die Thonwaren-Fabrikation. Quedlinburg 1850.
 BRONGNIART, A. *Traité des arts céramiques*. 2. Aufl. Paris 1854.
 HEUSINGER v. WALDEGG, F. Die Kalk-, Ziegel- und Röhrenbrennerei etc. Leipzig 1861. — 2. Aufl. 1901.
 PAULSEN, W. Die natürlichen und künstlichen feuerfesten Tone, ihr Vorkommen, ihre Beurtheilung etc. Weimar 1862.
La fabrication de briques, de produits céramiques, de chaux et ciment. Paris 1867.
 LEJEUNE, E. *Guide du briquetier, du fabricant de tuiles, carreaux, tuyaux et autres produits en terre cuite etc.* Paris 1870.
 KERL, B. Handbuch der gefamnten Thonwarenindustrie. Braunschweig 1871. — 2. Aufl. 1879.
 KÖNIG, F. Der praktische Röhrenmeister. Jena 1872.
 BONNEVILLE, P. & L. JAUNEZ. *Les arts et les produits céramiques. La fabrication des briques et des tuiles; suivi d'un chapitre sur la fabrication des pierres artificielles et d'une étude très-complète des produits céramiques, poteries communes, porcelaines, faïences etc.* Paris 1873.
 Officieller Ausstellungs-Bericht über die Wiener Weltausstellung 1873. Heft 24: Die Thonwaren-Industrie. Von E. TEIRICH. Heft 42: Die Maschinen- und Werksvorrichtungen in der Thonwaren-Industrie. Von E. TEIRICH. Wien 1874.
 BISCHOF, C. Die feuerfesten Thone, deren Vorkommen, Zusammensetzung, Untersuchung, Behandlung und Anwendung, mit Berücksichtigung der feuerfesten Materialien überhaupt. Leipzig 1876.
 LIEBOLD, B. Die neuen kontinuierlichen Brennöfen zum Brennen von Ziegelfteinen, Thonwaren, Chamotte-, Cement- und Kalkfteinen. Halle 1876.
 STEGMANN, H. Die Bedeutung der Gasfeuerung und Gasöfen für das Brennen von Porzellan, Thonwaren, Ziegelfabrikaten, Cement, Kalk, sowie für das Schmelzen des Glases. Berlin 1877.
 TENAX, B. P. Die Steingut- und Porzellanfabrikation etc. Leipzig 1879.
 LITCHFIELD, F. *Pottery and porcelain*. 2. Aufl. London 1880.
 JANVIER, C. A. *Practical ceramics for students*. London 1880.
 CHAMPFLEURY. *Bibliographie céramique. Nomenclature analytique de toutes les publications faites en Europe et en Orient sur les arts et l'industrie céramiques depuis le XVII^e siècle jusqu'à nos jours*. Paris 1881.
 DEMMIN, A. Keramik-Studien. Leipzig 1881—83.
 JAENNICKE, F. Die gefamnte keramische Literatur. Stuttgart 1882.
 WIPPLINGER, S. Die Keramik oder die Fabrikation von Töpfergeschirr, Steingut, Fayence, Steinzeug, Teralith etc. Wien 1882.
 FOY, J. *La céramique des constructions briques, tuiles, carreaux, poteries, carrelages céramiques, faïences décoratives*. Paris 1883.
 SCHUMACHER, W. Die keramischen Thonfabrikate etc. 5. Aufl. von K. WILKENS: Die Töpferei. Weimar 1884.
 BONNEVILLE, JAUNEZ, PAUL & SALVETAT. *Les arts et les produits céramiques*. Paris 1884.
 DAVIS, CH. TH. *A practical treatise on the manufacture of bricks, tiles, terra cotta, etc.* London 1884. — 2. Aufl. 1890.
 OLSCHESKY, W. Die Ursachen der Verwitterung bei Verblendfteinen und Terrakotten. Halle 1885.
 JOCHUM, P. Die Bestimmung der technisch wichtigsten physikalischen Eigenschaften der Thone etc. Berlin 1885.
 Adreßbuch der keramischen Industrie. Coburg 1890.
 STEINBRECHT, G. Die Steingutfabrikation. Wien 1890.
 SWOBODA, C. W. Grundriß der Thonwaren-Industrie oder Keramik. Wien 1894.

- DÜMMLER, K. Die Ziegel- und Thonwaaren-Industrie in den Vereinigten Staaten und auf der Columbus-Weltausstellung zu Chicago 1893. Halle 1894.
- LEFÈVRE, L. *La céramique du bâtiment etc.* Paris 1897.
- BINNS, C. P. *Ceramic technology etc.* London 1900.
- FORRER, R. Geschichte der europäischen Fliesen-Keramik vom Mittelalter bis zum Jahre 1900. Straßburg 1901.
- LOESER, C. Handbücher der keramischen Industrie für Studierende und Praktiker. Halle 1901.
- Siehe auch die Literatur-Angaben auf S. 106, ferner:
- Notizblatt des Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement. Berlin 1865—80.
- Notizblatt des Ziegler- und Kalkbrenner-Vereins. (Fortsetzung zum Notizblatt des Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement.) Red. von F. HOFFMANN. Berlin. Erscheint seit 1881.
- Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung etc. Red. von K. DÜMMLER. Halle. Erscheint seit 1870.
- Moniteur de céramique.* Paris. Erscheint seit 1870.
- Glashütte und Keramik. Technisch-kommerzielle Fachzeitschrift für die gesammte Glas-, Porzellan- und Thonwaaren-Industrie und den Handel. Red. von J. FAHDT. Leipzig. Erscheint seit 1871.
- PAUL LOEFF's Wochenchrift der Ziegel-, Thonwaaren-, Kalk-, Cement- und Gyps-Industrie. Berlin. Erscheint seit 1881.
- Illustriertes Fachblatt für die gefamte Glas-, Porzellan- und Steingut-Industrie. Red. von M. W. WILRICH. Wien. Erscheint seit 1893—96. — Alsdann u. d. T.: Die Keramik etc. Zittau.
- Central-Blatt für Glas-Industrie und Keramik. Red. von H. LOEWENTHAL. Wien. Erscheint seit 1892.
- Der Thonwaaren-Fabrikant. Zeitschrift für Ziegler, Hafner, Kalk- und Cement-Industrie. Herausg. von J. BÜHRER. Stuttgart. Erscheint seit 1875—99.
- The pottery and glass journal.* New-York.
- Zeitschrift für die gesammte Thonwaarenindustrie und verwandte Gewerbe. Red. von H. STEGMANN. Braunschweig. Erscheint seit 1876—79.
- Tonindustrie-Zeitung und Fachblatt der Cement-, Beton-, Gips-, Kalk- und Kunststeinindustrie. Schriftl.: E. CRAMER. Berlin. Erscheint seit 1877.
- Keramische Rundschau. Illustrierte Fachzeitung der Porzellan-, Glas- und Thonwaaren-Industrie. Red. von E. SPEISER. Coburg. Erscheint seit 1893.
- Sprech-Saal. Zeitschrift für die keramische, Glas- und verwandten Industrie etc. Red. von R. MÜLLER. Coburg. Erscheint seit 1868.
- Die Thonwaaren-Industrie etc. Herausg. u. red. von F. EHLERS. Bunzlau. Erscheint seit 1886.
- Deutsche Töpfer-Zeitung etc. Leipzig. Erscheint seit 1876—98.
- Stein und Mörtel. Zeitschrift für die Interessen der Thonindustrie etc. Erscheint seit 1897.
- Studienmappe für die keramische Industrie. Herausg. von CH. WITTMANN & R. SEIDEL. Plauen. Erscheint seit 1897.
- Keramische Monatshefte. Red. von K. DÜMMLER. Halle. Erscheint seit 1901.

3. Kapitel.

Die Mörtel und ihre Grundstoffe.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

a) Allgemeines.

Unter Bindemittel oder Mörtel im weiteren Sinne versteht man plastische Substanzen, welche einerseits zur Ausfüllung der Fugen in den raumbegrenzenden Konstruktions teilen, andererseits zur Verbindung derselben zu einem stabilen Ganzen dienen. Die Fugenausfüllung durch eine plastische, allen Unebenheiten sich anschmiegende Masse bewirkt einmal die gleichmäßigere Verteilung des Druckes auf die ganze Unterlage, vermehrt also die Standfestigkeit infolge Erhöhung

der Druckfestigkeit des Mauerkörpers; ferner wird durch die Verbindung der einzelnen Teile zu einem Ganzen die aus der Reibung resultierende Standfesterheit wesentlich erhöht. Besitzt der Mörtel außerdem die Eigenschaft, selbst eine dem verbundenen Bauteile entsprechende Festigkeit anzunehmen, so tritt er nicht bloß mittelbar, sondern auch unmittelbar als Konstruktionsmaterial auf.

Die zu Mörtel tauglichen Stoffe verhalten sich verschieden, je nachdem ihre Plaftizität bloß zeitweilig andauert oder eine Folge ihrer natürlichen Weichheit ist. Nur die ersteren sind Bindemittel im wahren Sinne des Wortes, weil sie sich, so lange sie plaftisch sind, gegen die zu verbindenden Flächen wie benetzende und damit die Adhäsion derselben vermehrende Flüssigkeiten verhalten.

Als Bindemittel im eigentlichen Sinne sind zu unterscheiden:

1) Chemische Mörtel, welche in den festen Zustand übergehen, unter Abgabe von Breiflüssigkeit, aber auch unter chemischer Veränderung, indem ein Teil der zur Herstellung der Breiform verwendeten Flüssigkeit auch im festen Zustande damit verbunden bleibt, entweder genau chemisch gebunden oder bloß intramolekular als Kristall- oder Kolloidflüssigkeit. Diese Art von Bindemitteln allein wird im gewöhnlichen Leben Mörtel (Mörtel im engeren Sinne) genannt, und es gehören dahin die Kalk-, Zement- und Gipsmörtel.

2) Mechanische Mörtel, welche den Übergang aus der halbflüssigen in die feste Aggregatform entweder durch Verlust mechanisch beigemengter Breiflüssigkeit, durch Austrocknen oder durch Erstarren aus dem Schmelzflusse durchmachen, ohne vorher und nachher zugleich chemische Veränderungen zu erleiden. Dahin gehören einerseits Lehm- und Chamottmörtel, viele Kitte und Klebemörtel, andererseits der Asphalt- und Paraffinmörtel, der Schwefel und die Lote. Von diesen Mörtelarten wird nicht weiter die Rede sein, da sie in den Rahmen der „wichtigeren Baustoffe“ kaum einbezogen werden können.

Die chemischen Mörtel werden nicht streng nach ihren Grundstoffen, sondern in erster Linie nach ihrer Eignung zu verschiedenen Verwendungszwecken und erst in zweiter Linie nach ihrer chemisch-physikalischen Verschiedenheit eingeteilt und benannt. Man unterscheidet bei den Mörtelarten:

I. Unselbständig erhärtende:

a) Nichthydraulische: b) Schwachhydraulische:
 1) Luftkalk. 2) Grau- oder Schwarzkalk.

II. Selbständig erhärtende:

a) Nichthydraulische: b) Hydraulische:
 10) Sorelzement. 3) Hydraulische Kalk.
 11) Gipse. 4) Magnesiaement.
 5) Romanzement.
 6) Portlandzement.
 7) Puzzolanement.
 8) Hydraulische Zuschläge.
 9) Gemischte Zemente.

Hydraulische Mörtel haben die Eigenschaft, unter Wasser zu erhärten, während nichthydraulische sich darin auflösen. Den Kalk härtende Bestandteile (Hydraulfaktoren) sind: Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Magnesia.

1) Luftkalk. Diese sind Erzeugnisse, welche durch Brennen von kohlenfauren Kalksteinen gewonnen werden und die, mit Wasser benetzt, sich meist unter erheblicher Wärmeentwicklung und Raumvergrößerung zu Pulver lösen. Reiner Kalk besteht aus 56 Vomhundert Kalk und 44 Vomhundert Kohlenensäure. Lufttrockener Kalk verliert beim Brennen diese 44 Vomhundert, da er aber gewöhnlich grubenfeucht ist, verliert er außerdem noch seinen Gehalt an Wasser. Auch sein Rauminhalt schwindet in den Grenzen von 12 bis 21 Vomhundert. Zu

68.
Bindemittel.

69.
Luftkalk.

scharf („tot“) gebrannter Kalk löcht sich später unvollkommen; bei etwas kiesel-säurehaltigem oder tonigem Material tritt auch eine unlöschbare Sinterung ein. Nach örtlichen Verhältnissen werden die Luftkalke in Stückform oder hydratisiert, in Pulverform, in den Handel gebracht.

Alle gargebrannten kristallinisch-körnigen, dichten oder porösen Kalksteine, die beim Löchen unter erheblicher Wärmeentwicklung und unter Gedeihen in ein mehlig weiches Pulver (Kalkhydrat, Staubhydrat) zerfallen, liefern Luftkalk. Beim Löchen geht der Ätzkalk zunächst in pulverförmiges Kalkhydrat, bei weiterer Wasserzufuhr in einen Brei über. Durch noch weiteren Wasserzuzatz entleht Kalkmilch, eine Emulsion von schwebendem Kalkhydrat in Kalkhydratlösung.

2) Schwachhydraulische, Grau- oder Schwarzkalke. Wärmeentwicklung und Gedeihen hängen mit dem Gehalt an Ätzkalk zusammen; je unreiner ein Kalk ist, desto geringer die Wärmeentwicklung und das Gedeihen. Mit steigendem Gehalt an Ton, Sand usw. wird eine Grenze erreicht, von der ab gebrannter Kalk sich nicht mehr zu Pulver löcht. Diese Grenze ist erfahrungsgemäß die, wenn er im ungebrannten Zustande etwa 18 Vomhundert in Salzsäure unlösliche Bestandteile enthält, gleichmäßig feine Struktur vorausgesetzt.

70.
Grau- oder
Schwarzkalke.
(Magere Kalke).

Die löschbaren Kalke werden deshalb in fette und magere Kalke unterschieden, die aber unmerklich ineinander übergeben. Der fetteste Kalk aus dem reinsten dichten Kalkstein vermehrt seinen Rauminhalt beim Löchen auf das Dreibis Vierfache. Wenn das Gedeihen nicht bis wenigstens zum doppelten Rauminhalt geht, wird der Kalk mager genannt; der magerste Kalk gedeiht noch mindestens ein Viertel. Magerer Kalk erhärtet unter denselben Umständen rascher und vollständiger wie der fette Kalk, und erlangt, insbesondere wenn er aufgeschlossene Silikate in erheblicher Menge enthält, die Fähigkeit, unter Wasser nicht mehr zu erweichen: er wird hydraulisch. Deshalb bildet der magere Kalk auch den Übergang zu den hydraulischen Bindemitteln.

3) Hydraulische Kalke sind Erzeugnisse, welche durch Brennen von mehr oder weniger ton- (oder kiesel-säure-) haltigen Kalken (Kalkmergeln oder Kieselkalken) gewonnen werden und, mit Wasser genetzt, sich ganz oder teilweise zu Pulver löchen. Nach örtlichen Verhältnissen werden dieselben entweder in Stückform oder hydratisiert in Mehlform in den Handel gebracht. Dies sollte nicht mit solchen Kalken geschehen, die beim Löchen gröbere Stücke zurücklassen, weil diese durch geeignete Maschinen zermahlen werden müssen. Mit Wasser angemacht erwärmt sich der hydraulische Kalk nicht, bindet nur langsam, oft erst nach 24 Stunden und mehr, ab und ist bei wachsender Festigkeit sowohl an der Luft wie unter Wasser raumbeständig.

71.
Hydraulische
Kalke.

4) Magnesiakalk (Dolomitement, Weißement) ist entweder schwach — bis zur Austreibung der Kohlen-säure der Magnesia und Umformung des kohlen-säuren kristallinischen Kalkes in amorphen — gebrannter Dolomit, der sodann, gemahlen und angemacht, langsam hydraulisch erhärtet, oder bis zu völliger Ätzkalkbildung gebrannt. In diesem Falle besitzt er gelöcht geringe hydraulische Eigenschaft und dient als magerer Luftmörtel.

72.
Magnesiakalk.

5) Romanzemente sind Erzeugnisse, welche aus tonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze gewonnen werden und bei Netzung mit Wasser nicht löchen, sondern durch mechanische Zerkleinerung in Mehlform gebracht werden müssen. Das Abbinden beginnt gewöhnlich schon wenige Minuten nach der Anfeuchtung mit Wasser.

73.
Roman-
zemente.

74.
Portland-
zemente.

6) Portlandzemente werden aus natürlichen Kalkmergeln oder künstlichen Mischungen ton- oder kalkhaltiger Stoffe durch Brennen bis zur Sinterung und darauffolgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit hergestellt und enthalten auf 1 Gewichtsteil Hydraulefaktoren 1,7 bis 2,2 Gewichtsteile Kalkerde. Zur Regelung technisch wichtiger Eigenschaften ist ein Zusatz fremder Stoffe bis zu 2 Vomhundert des Gewichtes ohne Änderung des Namens zulässig. Es gibt hier- nach natürliche Portlandzemente, die durch Brennen geeigneter Kalkmergel erzeugt, und künstliche, welche aus verschiedenen Rohmaterialien künstlich gemischt werden. Die Portlandzemente sind langsam oder schnell bindend.

75.
Puzzolan-
und gemischte
Zemente.

7) Puzzolanzemente werden durch innigste Mischung pulverförmiger Kalk- hydrate mit staubfein zerkleinerten hydraulischen Zuschlägen gewonnen. Es sind hauptsächlich Schlackenzemente, die nur unter Wasser zu gebrauchen sind. An der Luft werden sie stark schwindrig und verlieren an Kraft.

76.
Hydraulische
Zuschläge.

8) Hydraulische Zuschläge sind natürliche oder künstliche Stoffe, welche im allgemeinen nicht selbständig, sondern in Verbindung mit Ätzkalk hydraulisch erhärten, z. B. Puzzolanerde, Santorinerde, aus geeignetem vulkanischem Tuff (Traß- stein) erzeugter Traß, Hohofenschlacken, gebrannte Tone usw.

9) Gemischte Zemente sind Stoffe, welche durch Vermahlung von Portlandklinkern oder innigste Mischung fertiger Zemente mit geeigneten Zu- schlägen angefertigt werden. Derartige Bindemittel sind nach dem Grundstoff und der Angabe des Zuschlages ausdrücklich als „gemischte Zemente“ zu benennen. Diese sollen für besondere Zwecke, also zur Steigerung der Geschmeidigkeit, der Adhäsion, der Wasserundurchdringlichkeit usw. dienen.

77.
Sorel'scher
Zement.

10) *Sorel'scher Zement* (Magnesiament). Aus gebranntem amorphem Magnesit mittels Chlormagnesiumlösung zu Mörtel angemacht, übertrifft er sämt- liche Bindemittel an Kittkraft, besitzt aber keine hydraulischen Eigenschaften. Der ebenfalls von *Sorel* stammende Zinkzement (*Cement métallique*), eine Mischung von Zinkoxyd mit Zinkchlorid, besitzt ähnliche Eigenschaften.

78.
Gips.

11) Gips. Je nachdem der Gips schwächer oder stärker gebrannt wird oder Beimengungen erhält, die ihm bestimmte Eigenschaften verleihen, entsteht:

α) Gewöhnlicher Gips, der bei schwachem Brennen von 120 bis 180 Grad entwässert ist, ohne alles Wasser abgegeben zu haben; er bindet als Pulver mit Wasser rasch ab und besitzt keine hydraulischen Eigenschaften.

β) Hydraulischer Gips, bei beginnender Rotglut gebrannt, langsam mit wenig Wasser bindend, hydraulisch erhärtend.

γ) Alaungips (*Keene's Zement*), Material für Marezzo-Kunstmarmor, rein weißer Gips, mit Alaunlösung nach dem Brennen getränkt, nochmals bei Rotglut gebrannt und das Pulver mit Alaunlösung angemacht.

δ) Boraxgips (Parianzement), ähnlich wie *Keene's Zement*, aber aus in Borax getränktem und wieder gebranntem Gips; beide sind langsam bindend, hydraulisch und politurfähig erhärtend.

ε) *Scott's Zement* (*Selenitic mortar*) ist nichts weiter als Kalk, dem beim Löffchen einige Prozente Gips zugeetzt werden; dadurch wird eine übersättigte Gipslösung erzielt, welche das Zerquellen des Kalkes zu Gelatine verhindert und hydraulische Erhärtung bewirkt.

79.
Sand.

Bei den meisten Mörtelarten spielt der Sand als Füllstoff und festes Skelett für die weichen verkittenden Bindemittel nicht bloß der Menge nach eine hervor- ragende Rolle, sondern die Güte des Mörtels überhaupt ist ebenso eine Funktion des Sandes, wie des Bindemittels. Sand ist ein loses Haufwerk von Mineral-

trümmern, welche bei sehr verschiedener Korngröße von höchstens etwa 3^{mm} bis 0,1^{mm} auch sehr verschiedene Form an sich und sehr verschiedene Gestalt der umgrenzenden Flächen aufweisen.

Da die Natur der den Sand bildenden Gesteine auch auf diesen selbst übergeht und außerdem die Art der Entstehung von Sandablagerungen durch Wasserbeförderung auf seine Beschaffenheit einwirkt, so sind die Sande schon deshalb bezüglich ihrer Eigenfestigkeit, Spaltbarkeit und Adhäsionsfähigkeit, sowie Menge und Größe der Zwischenräume sehr verschiedenartig.

Am besten eignet sich zur Mörtelherstellung der auch am meisten in der Natur verbreitete Quarzsand, welchen die Flüsse herbeiführen und der auch als das Erzeugnis älterer Anschwemmungen sich in mächtigen Ablagerungen vorfindet; nächst diesem Dolomit- und Kalksand aus kristallinen Dolomiten und Kalken, weniger durch Transport als durch Zerfrieren entstanden. Minder geeignet sind die leicht spaltenden blätterigen Sande aus Hornblende- und Glimmergesteinen. Auch andere mineralische Stoffe können als Mauerwand verwendet werden, insbesondere vulkanische feinkörnige Erzeugnisse, z. B. der Bimsstein sand der Eifel.

Einen vorzüglichen Sand geben ferner granuliert oder zerstampfte Hohofenschlacken, ebenso Ziegmehl aus hartgebrannten Backsteinen. Letztere Sande, welche aus durch Glut aufgeschlossenen Silikaten bestehen, geben dem Bindemittel, auch dem Luftkalk, hydraulische Eigenschaften und werden später als hydraulische Zuschläge behandelt.

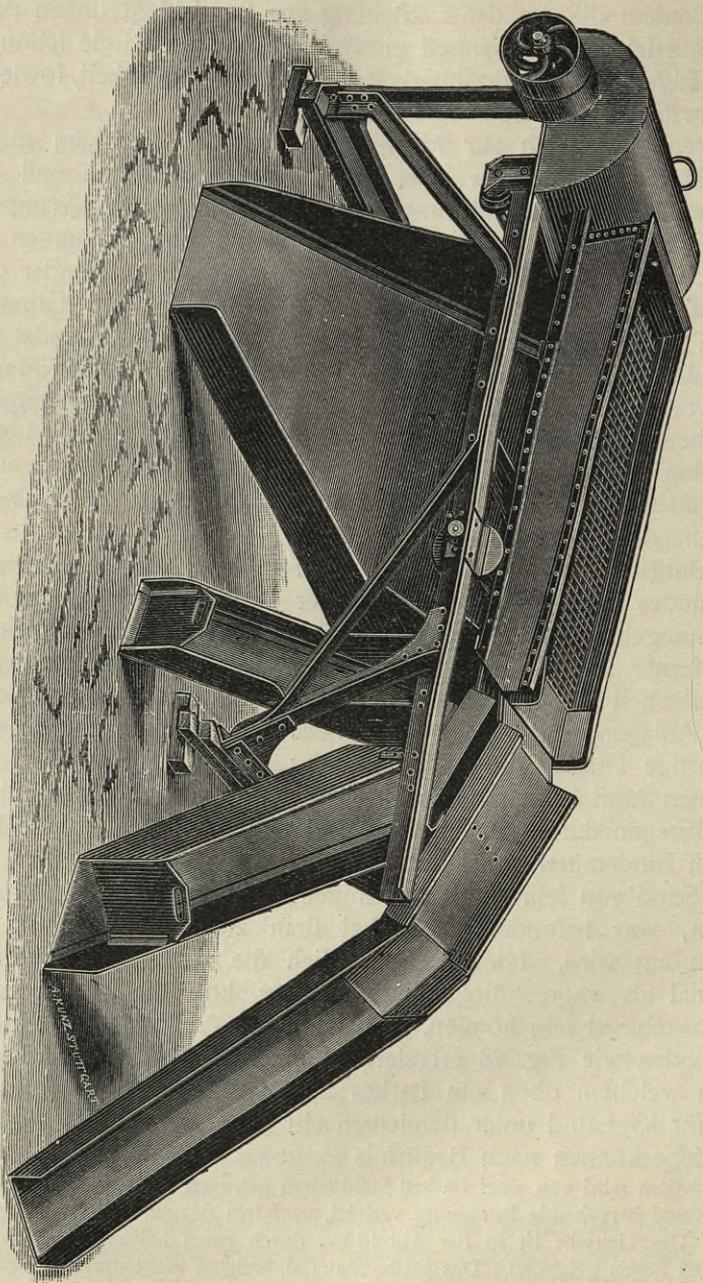
Die wichtigsten Erfordernisse für guten Sand sind nicht zu kleines, am besten gemischtes rundes Korn mit möglichst rauher Oberfläche, daher engster Lagerungsfähig; in Ermangelung dessen ein scharfkantiger Grubensand mit gleichfalls rauher Oberfläche, ferner ungehinderte Benetzbarkeit durch das Bindemittel und unzeretzte Beschaffenheit der Sandkörner selbst. Schlamm, Ton, Staub verhindern das unmittelbare Anlagern und Benetzen durch das Bindemittel, ebenso manchmal erdöl- und asphaltartige Durchtränkung des Sandes oder Gehalt an Torf und Humus. Durch unreinen Sand kann die Wirkung der vorzüglichsten Bindemittel vollständig vernichtet, dagegen durch gereinigten Sand eine mehrfach höhere Festigkeit bei dem gleichen Bindemittel erzielt werden.

Ist nur Sand von sehr ungleichmäßigem Korn zu beschaffen, so muß er gesiebt werden, was besonders auch bei dem zur Betonbereitung gebrauchten Kleinschlag nötig wird. Hierzu eignen sich die Kies- und Sandsiebmaschinen, welche einmal als wagrechtliegende, rotierende, konische oder zylindrische Siebtrommeln ausgebildet sein können, wobei nur die Aussonderung einer Korngröße möglich ist, oder, wie Fig. 18 erläutert, in einem Kasten von starkem Eisenblech bestehen, in welchem oben ein starkes Sieb von Flacheisen, dann ein gröberes Drahtgitter für Kies und unter demselben ein feineres Drahtsieb für Sand gelegen ist. Diese Siebe können nach Bedürfnis ausgewechselt werden.

Der Siebkasten wird von zwei starken Stahlfedern getragen und durch Hand- und Maschinenbetrieb in hin- und hergehende Bewegung versetzt, nachdem das zu sortierende Material oben aufgeschüttet ist. Das Getriebe ist in der Abbildung durch einen halbzyylinderförmigen Blechkasten gegen Staub und Regen geschützt. Das grobe Material, welches nicht durch das obere Sieb durchfällt, wird durch die oberste Auslaufgasse ganz nach vorn abgeführt; der durchgesiebte Kies fällt aus der darunterliegenden Auslaufgasse in einen untergestellten Karren; der Sand, der durch das tiefergelegene, dritte Sieb durchfällt, läuft dagegen durch die in der Mitte des Gestells angebrachten zwei Gassen ab. Leistung bei Handbetrieb 25 bis 50 cbm, bei Maschinenbetrieb 250 bis 300 cbm im Tage.

Für alle wichtigeren Arbeiten, insbesondere bei Betonbauten und Konstruktionen in *Monier*-System, ist gewaschener Sand, der von allen anhaftenden

Fig. 18.



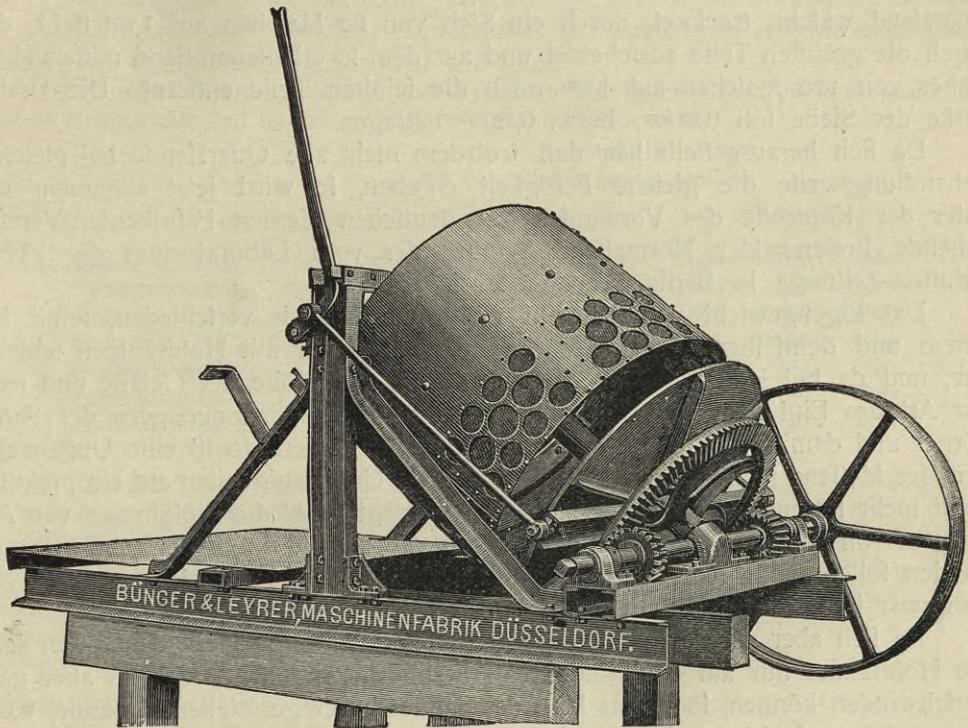
Kieslieb- und Sortiermaschine der Dülfelder Baumaaschinenfabrik von *Bünger & Leyrer*.

tonigen und schlammigen Teilen befreit ist, anzuwenden, wenn nicht reiner Flußsand zur Verfügung steht.

Bei solchen wichtigeren Arbeiten bedient man sich am besten einer Sandwaschmaschine, wie sie in Fig. 19 dargestellt ist.

Diese besteht aus einer unter 45 Grad geneigten, oben offenen Blechtrommel von 750 mm Durchmesser, die um ihre Achse drehbar ist. Der Boden der Trommel ist auf der Achse verschiebbar und kann mittels eines Hebels geschlossen oder geöffnet werden. Ringsum sind in der Trommel runde Öffnungen angebracht, welche mit feingelochten Blechen überdeckt sind, durch welche das schmutzige Wasser abfließt. Das Winkelgetriebe unterhalb der Trommel bewirkt ihre drehende Bewegung; der Antrieb kann durch Riemen oder durch Handkurbeln erfolgen. Die Wasserzufuhr geschieht am besten durch eine mit einem Hahn absperrbare Rohr- oder Schlauchleitung. Sobald der Kies oder Sand genügend gewaschen ist, wird ein Schiebkarren oder Rollwagen unter die Ma-

Fig. 19.



Kies- und Sandwaschmaschine der Düsseldorfener Baumaschinenfabrik von *Bünger & Leyrer*.

schine gehoben, der Hahn der Wasserleitung geschlossen und mittels des Hebels der Boden der Trommel geöffnet, worauf das gewaschene Material in das Beförderungsmittel herabfällt. An der Maschine ist noch eine Schüttrinne angebracht, welche in nach rückwärts geneigter Lage dem Abfluß des schmutzigen Wassers dient und beim Entleeren der Maschinen nach vorwärts gekippt wird. Die Füllung der Trommel beträgt 70 bis 100 l; demnach können in der Stunde 2 bis 4 cbm Sand oder 3 bis 5 cbm Kies gewaschen werden. Der Wasserverbrauch ist von der größeren oder geringeren Verunreinigung des zu waschenden Materials abhängig, beläuft sich aber auf durchschnittlich 50 l in der Minute ⁶⁵⁾.

Wie wichtig die verschiedene Beschaffenheit des Sandes bezüglich der Festigkeitsverhältnisse ist, erhellt aus folgenden Versuchen mit 6 verschiedenen Baufländen.

⁶⁵⁾ Andere Maschinen für ähnliche Betriebe siehe im Katalog Nr. 16 der oben angegebenen Maschinenfabrik.

Die Zahlen bedeuten die Zugfestigkeiten einer Mischung von 1 Gewichtsteil deselben Portlandzements mit 3 Gewichtsteilen verschiedenen Sandes nach 28tägiger Erhärtung (in Kilogr. für 1^{qcm}):

feiner Grubensand . . .	5,1	Flußsand II, fein . . .	11,7
Flußsand I, fein . . .	11,6	Flußsand III, fein . . .	14,5
derfelbe, grob . . .	20,2	derfelbe, grob . . .	21,1
Normalland . . .		20,9.	

80.
Normalland.

Da also nachgewiesenermaßen daselbe Bindemittel ganz bedeutend verschiedene Feltigkeiten aufweisen kann, je nach der Beschaffenheit des Sandes, so ist für alle vergleichenden Qualitätsprüfungen von Bindemitteln ein einheitlicher, stets gleichbleibender Sand als Prüfungsmittel notwendig. Dies ist der vom Verein deutscher Portland-Zement-Fabrikanten feltgetzte und von allen Staaten seither angenommene Normalland.

Dieser Normalland wird dadurch gewonnen, daß man möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen auf 1^{qcm} siebt, dadurch die größten Teile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen auf 1^{qcm} noch die feinsten Teile entfernt. Die Drahtstärke der Siebe soll 0,38^{mm}, bezw. 0,32^{mm} betragen.

Da sich herausgestellt hat, daß trotzdem nicht alle Quarzsande bei gleicher Behandlungsweise die gleiche Feltigkeit ergeben, so wird jetzt allgemein der unter der Kontrolle des Vorstandes des deutschen Zement-Fabrikanten-Vereins stehende Freienwalder Normalland benutzt, der vom Laboratorium der „Tonindustrie-Zeitung“ in Berlin bezogen wird.

81.
Gewicht
des
Sandes.

Das Eigengewicht von Sand ist nicht unwesentlich verschieden, selbst bei einem und demselben Sande. Denn Sand ist stets nur mit Hohlräumen schichtbar, und da bei jedem Messen, je nach Größe und Höhe der Gefäße und nach der Art des Einfüllens und Zusammenrüttelns, das Aneinanderlagern der Sandkörner und damit die Summe der Hohlräume sich ändert, so ist eine Ungenauigkeit des Messens nicht zu vermeiden. Um diese Ungenauigkeiten auf ein praktisch nicht mehr störendes Maß zurückzubringen, schlägt *Stahl* die Einführung von Annahmen von Eigengewichten für jeden Sand vor, welche durch Versuche bestimmt werden sollen. Für Normalland schlägt er die Annahme von 1500^g für 1^l vor, und zwar in lose eingefülltem Zustande.

82.
Schwinden
des
Sandes.

Da sich aber auch beim noch so fest eingerüttelten oder eingestampften Sand die Hohlräume nur auf ein Mindestmaß herabdrücken lassen, niemals aber ganz verschwinden können, so ist das Maß des Sandes im eingerüttelten Zustande, wenn davon die noch bleibenden Hohlräume abgezogen werden, auch der wirkliche physikalische Rauminhalt. Normalland besitzt ein Einheitsgewicht von 2,65; demnach ist sein physikalischer Rauminhalt, auf loses Litergewicht gleich 1,5 bezogen,

$$V = \frac{P}{S} = \frac{1,5}{2,65} = 0,56,$$

d. h. in 1^l lose eingefüllten Sandes von 1,5^{kg} Gewicht befinden sich 56 Vomhundert oder 560^{cbcm} feste Masse. Wird dagegen dieselbe Menge Sand festgerüttelt, so mißt sie nur mehr 90^{cbcm}. Diese 900^{cbcm} enthalten demnach 560^{cbcm} feste Masse und 340^{cbcm} Hohlräume oder, in Prozenten ausgedrückt, 37,5 Vomhundert, während loser Sand demnach 44 Vomhundert Hohlräume enthält. Der Normalland schwindet daher um 10 Vomhundert. Es gibt aber Sande, die über 20 Vomhundert schwinden. Da bei allen Sanden, wegen ihrer so sehr großen Verschiedenheit in Korngröße und Form, die Schwindungsgröße und die Mindestsumme der Hohlräume außerordentlich verschieden sind und die Mörtelausgiebig-

keit sich als das Maß darstellt, welches eine Mischung gibt, die aus Sand, Bindemittel und dem abforbierten Anmachewasser nach dem Eintritt der Erhärtung übrig bleibt, so ist die Wichtigkeit des Sandes für die Mörtelausgiebigkeit erwiesen.

In den meisten Fällen macht der Sand den vorwiegenden Bestandteil des Mörtels aus, und beim sog. Normalmörtel, in dem eben sämtliche Zwischenräume des Sandes durch die Mischung aus Bindemittel und Anmachewasser ausgefüllt werden, die Gesamtmörtelmasse die dichteste Lagerung hat und damit den kleinsten Rauminhalt einnimmt, beträgt die Masse des Sandes schon über 60 Vomhundert, während sie bei mageren Mörteln bis 90 Vomhundert und darüber steigt⁶⁶⁾. Daher ist es leicht erklärlich, daß die Beschaffenheit des Sandes von viel größerem Einfluß auf die Mörtelausgiebigkeit ist als die Beschaffenheit des Bindemittels.

Ein schlagender Beweis hierfür wird durch *Hauenschild's* Versuche erbracht. Die Ausgiebigkeiten verschiedener Bindemittel mit Zusatz von verschiedenen Sandarten nach Rauminhalt ergaben sich wie folgt.

Dabei ist der verschieden körnige und verschieden dicht lagernde Sand mit *a*, *b*, *c* bezeichnet, und die Litergewichte sind im lose eingefüllten Zustand angenommen.

Maßteile:
Bindemittel zu Sand:

		1 : 0		1 : 3		
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
<i>Chaux du Theil</i>	1 ^l = 700 g	gibt	Mörtel:	700	3000	2950
Romanzement A	1 ^l = 800 g	"	"	730	3000	2950
Romanzement B	1 ^l = 850 g	"	"	750	2950	3000
Romanzement C	1 ^l = 900 g	"	"	750	2950	3000
Portlandzement A	1 ^l = 1200 g	"	"	830	3000	3100
Portlandzement B	1 ^l = 1300 g	"	"	860	3050	3100
Portlandzement C	1 ^l = 1400 g	"	"	880	3050	3120

Kub.-Centimeter.

1^l *Chaux du Theil* von 700 g Gewicht gibt also z. B. mit 3^l Sand *a* 3000 cbcm, während 1^l Portlandzement C vom doppelten Gewicht 1400 g, mit 3^l Sand *c* nur 2950 cbcm ausgiebt.

Nach dem Rauminhalt lose eingefüllt, sind infolge der Verschiedenheit der Sande unter Umständen leichte Bindemittel ausgiebiger als eine Mischung mit stärker schwindendem Sand, die bei sonst gleichen Raumverhältnissen das doppelte Gewicht an einem schweren Bindemittel enthält.

Die Bestimmung der Hohlräume eines pulverförmigen Stoffes ist wegen der Notwendigkeit und Schwierigkeit der Herstellung der dichtesten Lagerung und der Ausfüllung sämtlicher Mindelethohlräume nicht ganz leicht. Zu verwerfen ist das Verfahren, auf eine gemessene Menge Sand so lange Wasser zu gießen, bis die Oberfläche satt naß ist.

Am besten gelingt Übereinstimmung in den Ergebnissen, wenn zu einer in einem möglichst weiten, nach oben sich verengenden und graduierten Gefäße befindlichen Menge Sand, der fest gerüttelt ist, von unten aus einer graduierten, durch Kautschukschlauch verbundenen Röhre so lange Wasser zugeführt wird, bis der Sand durchnetzt, von Luftbläsen frei und völlig dicht gelagert ist. Dies geschieht mit dem *Hauenschild's*chen Pfammometer, wozu auch übrigens das später zu erwähnende Volumenometer von *Schumann* dienen kann, wenn man eine vorher auf dichteste Lagerung gebrachte gemessene Menge Sand in das im Gefäße befindliche Wasser schüttet und dann aus dem physikalischen Rauminhalt die Hohlräume bestimmt.

83.
Mörtel-
ausgiebigkeit.

84.
Bestimmung
der
Hohlräume.

⁶⁶⁾ Siehe: HAUENSCHILD. Neue Aufgaben für künftige Conferenzen. Thonind.-Ztg. 1891, S. 908.

Die Wirksamkeit der einzelnen Mörtelgrundstoffe beruht auf ihrer Verkittungs- und Erhärtungsfähigkeit. Die Verkittungsfähigkeit ist eine Eigenschaft, die nur solchen Stoffen innewohnt, welche einen Zwischenzustand zwischen Flüssig und Fest annehmen können und, in diesem Zustand die zu verkittenden Flächen benetzend, rascher oder langsamer in den festen Zustand übergehen. Dieser Zustand kommt nur amorphen Körpern zu und wird als kolloidaler, leimartiger Zustand bezeichnet. Tatsächlich werden alle Mörtelgrundstoffe durch das Brennen in den amorphen Zustand übergeführt und gehen durch Einwirkung von Wasser oder anderen Flüssigkeiten geeigneter Natur in halbweichen, teigigen Zustand über. Zwischen Flüssigkeiten und festen Körpern findet anfangs eine scheinbare Adhäsion statt, die sich dann in wirkliche Adhäsion entwickelt.

Das *Stefan'sche* Gesetz der scheinbaren Adhäsion lautet: Zwei einander nahe gebrachte benetzte Flächen haften mit einer Kraft dynamisch aneinander, welche der zur Trennung nötigen Zeit t umgekehrt proportional ist; t wächst im quadratischen Verhältnis, wenn die Entfernung a der Flächen in einfachem Verhältnis abnimmt; ferner ist die Zeit t proportional der 4. Potenz der Flächenhalbmesser und einfach proportional dem Zähigkeitskoeffizienten μ der benetzenden Flüssigkeit und entspricht nahezu der Formel

$$t = \frac{3 \pi r^4 \mu}{4 G a^2}.$$

Der Zähigkeitskoeffizient ist am größten bei amorphen Lösungen oder echten Kolloiden und bei überfättigten Lösungen von kristallisierbaren Verbindungen. Bei den Zwischenzuständen zwischen Lösung und starrem Zustand ist der Zähigkeitskoeffizient, d. h. die Zeit, in welcher unter gleichem Drucke gleiche Rauminhalte der Flüssigkeit durch eine Kapillarröhre strömen, schon unmeßbar und wird unendlich groß durch den Übergang in den starren Zustand und damit auch die Haftzeit, oder die dynamische Adhäsion geht in die statische Adhäsion oder in die Kohäsion über. Solange dieser Zwischenzustand dauert, folgt jedes Bindemittel und jeder Kittstoff dem *Stefan'schen* Gesetze, und tatsächlich kann während der Platizitätsdauer jede beliebige Kraft in entsprechender Zeit den Zusammenhang aufheben. Das Eindringen der *Vicat'schen* Nadel, von der später die Rede sein wird, dient sogar zur Feststellung des noch vorhandenen plastischen Zustandes; das Abfallen des Mörtels von lotrechten Wänden, das Zerfallen von Mörtelproben unter Wasser sind Beweise dafür. Dagegen bewirkt das Benetzen der einzelnen Teilchen des Bindemittels mehr oder weniger weitgehendes Quellen der Oberflächen; die kolloidal anquellenden Massen nähern sich; sie ziehen sich endlich molekular an unter Verminderung der Zwischenräume und Verdrängung des Quellungsmittels. Das Quellungsmittel selbst löst teilweise aus den Kolloiden kristallisierbare Stoffe und bildet zwischen den schwammartig aneinander gequollenen Teilchen überfättigte Lösungen, die entweder allmählich oder in bestimmbarer Zeit zu kristallisieren beginnen. Damit ist der Übergang in den starren Zustand gegeben, und der Beginn stabiler Lagerung, das, was man das Geltehen kolloidaler teigartiger Masse oder den Erhärtungsbeginn nennt, eingeleitet. Alles, was Annäherung der Massenteilchen befördert: Druck, Temperaturerhöhung, Verminderung der Zwischenflüssigkeit durch Ablaugen oder Verdunsten — befördert, bzw. beschleunigt das Starrwerden, das Abbinden. Trifft mit dem Abbinden auch gleichzeitig der Beginn der Kristallisation aus überfättigter Lösung zusammen, so sind Abbinden und Erhärtungsbeginn gleichbedeutend. Alles, was die Annäherung der Massenteilchen verhindert: Übermaß des Quellungswassers oder Übermaß des Quellens, Zerschlämmen durch Bewegung der überschüssigen Zwischenflüssigkeit — verhindert oder verzögert das Abbinden.

Daraus erklärt sich schon genügend die verschiedenartige Wirksamkeit der verschiedenen Arten von Bindemitteln und die Rolle, welche der Sand hierbei spielt, wenn man noch berücksichtigt, daß in Kapillarräumen eingeschlossene Mengen von überfättigter Flüssigkeit sehr lange in diesem Zustande verharren können und daß in kolloidal angequollenen amorphen Körpern die Moleküle labil gelagert sind und die Möglichkeit der Kristallisation nur in der, wenn auch geringen Beweglichkeit und Umlagerungsfähigkeit derselben gegeben ist.

Bei den einzelnen Bindemitteln soll auf die Kolloid- oder Verkittungstheorie, als für alle Mörtelstoffe geltend, zurückgekommen werden. Diese physikalische Erklärungsweise der Mörtelwirksamkeit wurde zuerst von *Hauenschild* aufgestellt, von *Stahl*, *Knapp*, *Erdmenger*, *Merceron-Vicat*, *Zulkowski* usw. erweitert und gegen die einseitig chemische Anschauungsweise vertreten.

Es geht aus der *Stefan'schen* Formel ohne weiteres hervor, daß derjenige Mörtel am wirksamsten sein muß, bei dem die zu verkittenden Flächen am meisten genähert und benetzt sind und die Masse der verkittenden Substanz gegen die verkittete am geringsten ist. Andererseits besteht jeder Mörtel aus einer Summe von festen und halbflüssigen Massenteilchen, auch wenn ihm kein Füllstoff beigemischt ist, und da nach *Pfaundler* der Zähigkeitskoeffizient mit dem Überwiegen der festen Teilchen gegen die flüssigen wächst, so muß nach dem Abbinden derjenige Mörtelstoff am günstigsten wirken:

α) welcher entweder die kleinste Fuge überhaupt ausfüllt, vorausgesetzt, daß beide Fugenflächen vollkommen benetzt sind; oder

β) welcher bei Verwendung von Füllstoff zwischen den Fugenflächen, sie allseitig verbindend, die geringste Masse ausmacht, selbst am feinkörnigsten ist;

γ) welcher mit der geringsten Masse von Quellungsflüssigkeit noch verkittungsfähig ist;

δ) welcher an sich und mit dem Füllstoff die größte Festigkeit erlangt.

Nach diesen Grundsätzen muß sich die Mörteltechnik richten und für die verschiedenen Zwecke entsprechende Auswahl treffen.

b) Mörtel aus Luftkalk.

Je nachdem der Luftmörtel als konstruktiver Mörtel (Mauermörtel) oder als schützender und schmückender Überzug (Putzmörtel) verwendet wird und je nach der Ausnutzung seiner Adhäsions- oder seiner Festigkeitseigenschaften, sind 86.
Verschiedenheit. die Bereitung und Gebrauch desselben verschieden.

Die Wirksamkeit des Luftkalkmörtels beruht auf der Fähigkeit des gebrannten Kalkes, beim Zusammenbringen mit Wasser unter Wärmeentwicklung Kalkhydrat von verschiedener Beschaffenheit zu bilden, das verkittend auf den zugesetzten Sand und die zu verbindenden oder zu verdeckenden Bauteile wirkt und unter Aufnahme von Kohlenäure von außen nach innen erhärtet. Je nach der Menge Wasser, welche dem gebrannten Kalk beim Löffchen zugeführt wird, treten folgende Stadien ein:

1) Staubhydrat. Wird Ätzkalk mit nur soviel Wasser in Berührung gebracht, als zur Hydratbildung erforderlich ist, so bildet sich unter Erhitzung bis über 150 Grad und Zerbersten und Aufquellen feinsten Staubkalk. Derselbe enthält theoretisch 24,76 Vomhundert Wasser; in Wirklichkeit schwankt der Wassergehalt zwischen 20 bis 23 Vomhundert, da selten ganz reiner Ätzkalk vorliegt. Das Staubhydrat besitzt ein physikalisches Einheitsgewicht von 2,078; 1^l lose ein- 87.
Staubhydrat.

gefüllt wiegt dagegen nur 0,55 bis 0,60^{kg}, bildet daher ein äußerst loses Pulver, das nur 0,45^{kg} Ätzkalk enthält. Da das physikalische Einheitsgewicht des Ätzkalkes sich auf 2,80 beläuft, so beträgt die Ausgiebigkeit einer Gewichtseinheit Ätzkalk bei Verwandlung in loses Staubhydrat das 4,66-fache. Wird dagegen das Gewicht einer Raumeinheit Ätzstückkalk zu Grunde gelegt — also samt den Poren, aber ohne Zwischenräume — so beträgt die Ausgiebigkeit, da selbst dichter Ätzkalk noch gegen 50 Vomhundert Porenräume besitzt, für Staubhydrat noch das 2,5-fache. Wird jedoch das ganz schwankende, mit den Zwischenräumen der Stücke gemessene Hektolitergewicht in Betracht gezogen, so gibt 1^{hl} Stückkalk mit 40 Vomhundert Zwischenräumen nur 1,5^{hl} Staubhydrat.

Aus den verschiedenen Ausgangspunkten erklären sich demnach die so sehr verworrenen Angaben über Ausgiebigkeiten, und es war ein dringendes Bedürfnis, hierin Einheit zu schaffen. Der Ziegler- und Kalkbrennerverein in Berlin hatte 1882 eine Kommission, bestehend aus *Michaëlis*, *Hauenschild* und *Tetmajer* eingesetzt, um über einheitliche Methoden der Qualitätsbestimmung von Luftkalk Vorschläge zu machen. Diese Vorschläge folgen weiter unten.

Staubhydrat liefert, da es die geringste Wassermenge enthält und daher nach *Wolters* für die Aufnahme von Kohlenäure und für die Erhärtung am günstigsten sich verhält, auch stets stärkere Mörtel als Kalkbrei, und hat namentlich auch den Vorzug, während des Mischens mit Sand, wobei nur mehr ein Wasserzusatz von 11 bis 12 Vomhundert nötig ist, schon die dichteste Lagerung anzunehmen, zu schwinden, so daß auch bei fetterem Mörtel die Schwindrisse, die sonst Luftkalkmörtel leicht bekommt, vermieden werden. Der geringere Wassergehalt bewirkt selbstverständlich auch rascheres Austrocknen der Mauern.

Michaëlis fand für 1 Gewichtsteil Staubhydrat zu 6 Gewichtsteilen Sand die Zugfestigkeit nach 4 Wochen zu 4,5^{kg} und nach 8 Wochen zu 6,95^{kg} für 1^{qcm}.

88.
Kalkbrei.

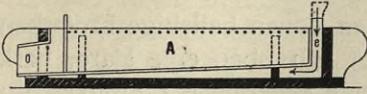
2) Kalkbrei. Wird dem gebrannten Kalk soviel Wasser zugeführt, daß daraus ein Teig entsteht, der, ohne oberflächlich Wasser abzulassen, eine mehr oder weniger steife Gallerte darstellt, die eine gefättigte Lösung von Kalkwasser in sich birgt, so entsteht Kalkbrei.

Kalkbrei ist der Ausdruck kolloidaler Quellung bis zur Grenze der Verflüssigung, und je mehr Quellungswasser ein gebrannter Kalk bis zu einer bestimmten Konsistenz aufzunehmen vermag, desto größer ist der Rauminhalt Kalkbrei aus einer einheitlichen Menge gebrannten Kalkes. Die Menge Wasser, die ein Kalk aufnehmen imstande ist, hängt zunächst von seiner Reinheit, also von seinem Gehalt an Ätzkalk, dann aber auch von der Art des Lösens ab. Der Gehalt an Ätzkalk wird nicht bloß durch die Reinheit des Rohsteines, sondern auch durch die Art des Brennens und die Art und Zeit der Aufbewahrung nach dem Brennen beeinflusst. Das Lösen gelingt am vollkommensten und raschesten, wenn dabei eine möglichst hohe Temperatur herrscht, wenn man entweder mit heißem Wasser löst oder die Menge Löschwasser nicht auf einmal zugibt, sondern zuerst etwa gleiche Gewichtsteile gebrannten Kalk und Wasser zusammenbringt und, sobald der Hydratisierungsvorgang unter energischer Erhitzung eingeleitet ist, die Stücke bersten und Dampf ausstoßen, unter stetem Umrühren den übrigen Teil des Wassers zugibt, das sich dadurch ebenfalls bis zur Siedehitze erwärmt und schließlich einen dünnen Brei gibt, der in die Kalkgruben oder Sümpfe abgelassen wird. Man benötigt in der Regel zum Lösen von 1 Gewichtseinheit gebranntem Kalk 3 bis 4 Teile Wasser.

Den Vorteil des Löschens mit heißem Wasser bietet in einfacher Weise die Patentlöschbank von *Hilke* in Freienwalde (Fig. 20).

In einem hölzernen Kasten ist ein auf eisernen Stützen stehender eiserner Trog *A* derart befestigt, daß der zwischen ihnen bleibende Raum oben wasserdicht abgeschlossen ist. Das zum Löschen bestimmte Wasser wird durch den Kanal *e* unter den eisernen Kasten geleitet, durch die

Fig. 20.



Patent-Löschbank
von *Hilke* in Freienwalde.

Hitze des sich löschenden Kalkes vorgewärmt, steigt an den Seitenwänden auf und rieselt durch kleine Löcher nahe dem oberen Rand des eisernen Kastens in denselben, um den dort befindlichen Kalk gleichmäßig und rasch zu löschen. Durch den mit Schieber versehenen Abzug *o* wird der Kalkbrei entleert.

Das Einsumpfen in Gruben ist stets zu empfehlen, da häufig sich träge löschende, sandige Teile beim frischgelöschten Kalk finden, die erst in der Grube nachquellen, während sie dies bei sofortiger Verwendung im fertigen Mörtel tun und dadurch Treiben und Zerstörungsercheinungen hervorrufen können.

Außerdem verlickern in den durchlässigen Gruben die gelösten Alkalisalze, welche sonst zu Ausblühungen und nässenden Stellen an Putzflächen führen können. Für Putzmörtel wird daher hauptsächlich möglichst lange gefumpfter Kalk verwendet.

Da häufig der Kalk nach seiner Ausgiebigkeit als Kalkbrei bezahlt wird, so ist eine Normaldichtigkeit des Breies festzusetzen nötig. Die oben erwähnte Kommission hat auf Vorschlag *Tetmajer's* beschloffen, diejenige Steifheit als Normaldichtigkeit anzuerkennen, die bei eben eingetretener Ribbildung des Rüdersdorfer Kalkbreies einen nach dem Grundgedanken der *Vicat'schen* Nadel wirkenden Pfifton mit 2^{kg} Belastung 25^{mm} tief eindringen läßt.

Aus den gemeinsamen Untersuchungen ergab sich:

„a) Der Dichtigkeitsgrad eines Luftkalkbreies ist keine unmittelbare Funktion seines Wassergehaltes. Es scheint, daß der Dichtigkeitsgrad bei gleichem Wassergehalt mit der Lagerung des Stückkalkes an der Luft, sowie mit dem Gehalt an Magerungsbestandteilen abnimmt.

β) Mittel, die das Aufgehen des Stückkalkes befördern, scheinen die Steifigkeit des Breies, bei gleichen Wassermengen, zu erhöhen.

γ) Es ist zu wünschen, daß zur Erhebung der Festigkeitsverhältnisse von Luftkalkmörtel von dem Gebrauch, eine bestimmte Zahl Gewichtseinheit Sand pro Gewichtseinheit Kalkbrei zu verwenden, abgegangen und dafür die Mörtelmischung aus einer Anzahl von Gewichtsteilen Sand pro Einheit der im Kalkbrei von Normaldichtigkeit enthaltenen festen Masse hergestellt werde.“

Bezüglich des Löschens des zu prüfenden Kalkes wurde vereinbart, daß 10^{kg} Kalk mit 24^{kg} heißem Wasser gelöscht werden sollen, und es werden für die Festigkeitsproben im Kalkbrei 3 Gewichtsteile Sand auf 1 Gewichtsteil fester Substanz angenommen.

1^l normaler Kalkbrei wiegt rund 1400^g (zwischen 1300 und 1450^g) und enthält 60 bis 65 Vomhundert Glührückstand oder Kalkmasse.

Die Ausgiebigkeit des Kalkes soll nach dem wirklichen Rauminhalt, d. h. nach dem Gewichte einer bestimmten Raumeinheit Stückkalk bestimmt werden, und zwar durch plötzliches Eintauchen eines gewogenen Kalkstückes in geschmolzenes Paraffin und ein rasches Herausheben, unter Anbringung der Korrektur für den Paraffinüberzug. Als Volumenometer schlägt *Tetmajer* die Volumendose von *Hauenschild* vor; ebenso gut läßt sich aber auch das Volumenometer von *Michaëlis* verwenden.

Auf diese Weise, also aus dem wirklichen Ätzkalkgehalt, findet man die Ausgiebigkeit zwischen 3 und 4, während sie aus dem nach Hektolitergewicht in Stücken gemessenen Kalk mit Zwischenräumen 1,8 bis 2,5 beträgt.

89.
Kalkmilch.

3) Kalkmilch ist verflüssigter, d. h. mit noch mehr Wasser nach dem Löfchen verdünnter Kalkbrei; sie stellt eine Emulsion von Kalkhydrat dar, die eine Dichte unter 1,3 besitzt, welche noch völlig als Flüssigkeit mittels Aräometer bestimmt werden kann. Man kann wirklich flüssige Kalkmilch noch bis zu 26,84 Vomhundert an Ätzkalk oder bis 339^g Kalk im Liter mit einer Dichte von 1,26 herstellen.

Kalkmilch dient bekanntlich zu den Kalkanfrichen, denen beliebige Erdfarben zugesetzt werden können. Bei längerem Stehen setzt sich oben eine klare, stark ätzende Flüssigkeit ab, ein Beweis, daß Kalkmilch keine eigentliche Flüssigkeit ist; denn der untere Teil verdickt sich dabei allmählich zu steifem Kalkbrei. Weit länger flüssig bleibt die Kalkmilch durch Zusatz echter Kolloidflüssigkeit, z. B. Leimwasser, Molke usw., und kennzeichnet sich so als eine nur kolloidal gequollene, aber nicht wirklich kolloidal gelöste Masse.

90.
Kalkwasser.

4) Kalkwasser ist die aus Kalkbrei oder Kalkmilch sich absondernde gefättigte Lösung von Kalk. In 100 Teilen Wasser sind bei 15 Grad C. 0,127 Teile Kalk löslich, und bei erhöhter Temperatur nimmt die Löslichkeit noch ab; bei 100 Grad C. sind nur 0,06 Teile löslich. Diese Eigenschaft ist technisch von Bedeutung; denn, wie *Rose* nachgewiesen hat, setzen sich beim Erhitzen aus kalt gefättigter Lösung unter Abschluß von Kohlenäure Kristalle ab, die sich beim Erkalten im Wasser nicht mehr lösen. Darauf beruht die Wirkung des *Loriot'schen* hydraulisch abbindenden Mörtels.

5) *Loriot'scher* Mörtel wird unter c behandelt werden.

91.
Verbrennen
und Erläufen
des Kalkes.

Es sei hier noch der in der Mörteltechnik üblichen Ausdrücke „Verbrennen“ und „Erläufen“ des Kalkes gedacht. Ein Kalk wird verbrannt genannt, wenn ihm nicht genug Wasser zugesetzt wird, um damit Brei bilden zu können, aber doch mehr, als genügt, um ihn zu Staubhydrat zu lösen. Es bildet sich hierbei aus der anfänglichen Lösung unter unvollkommener Aufquellung kristallinisches Kalkhydrat, das teilweise noch Ätzkalk umschließt. Bei mangelndem Durchrühren kann selbst bei genügender Wasserzufuhr ein Teil Kalk verbrennen. Verbrannter Kalk fühlt sich körnig, kurz und sandig an und bildet erst nach längerer Lagerung völlig gequollenes Kalkhydrat.

Erläuft heißt der Kalk, wenn er auf einmal mehr Wasser bekommt, als zur Bildung normalen Kalkbreies erforderlich ist. Solcher Kalk ist ohne genügende Erhitzung gelöscht und nimmt erst in späterer Zeit die richtige Breikonstistenz an. In beiden Fällen wird also der Mörtel nicht schlecht, sondern der Vorgang des Lösens wird nur sehr verlangsamt.

92.
Erhärtung
des Luftkalk-
mörtels.

Luftkalkmörtel geht aus der Breiform in die unplastische, starre Form stets unter Wasserverlust durch Verdunsten, Abtaugen und Druck über, und zwar ganz ohne scharf zu bezeichnende Grenze.

Entsprechend dem *Stefan'schen* Gesetz nähern sich durch die Verminderung der Wasserhüllen die gequollenen Kalkkörner, unter Verminderung ihres Rauminhaltes, aber unter Erhöhung der verkittenden Kraft, und zwar geht die Verdunstung und damit die Raumverminderung von der Oberfläche aus und bewirkt dabei an fettem Kalkmörtel das Entstehen von Schwindrissen. Bei genügender Magerung durch Sand, der im dicht gelagerten Zustand ein nicht mehr schwindendes Skelett bildet, finden keine Rißbildungen mehr statt.

Sobald der plastische Zustand in den starren übergegangen ist, was bei einem Wassergehalt unter 60 Vomhundert beginnt, heißt der Mörtel angezogen. Das Anziehen bezeichnet also die Grenze zwischen plastisch und starr. Man hat

nach dem Vorgange *Vicat's* sich geeinigt, das Anziehen als eingetreten anzusehen, sobald eine Nadel von 1^{mm} Querschnitt bei lotrechter Stellung und 300^g Belastung den Mörtel nicht mehr durchdringt.

Mit dem Augenblick des Anziehens beginnt auch die Erhärtung, und zwar stets von der Oberfläche aus durch sehr rasche Aufnahme von Kohlenäure aus der Luft unter Bildung von kohlensaurem Kalk in kristallinischer Form, unter stetiger Verminderung des Wassergehaltes.

Alles, was das Einwirken der Kohlenäure und das Austreten von Wasser befördert, beschleunigt und verstärkt den Erhärtungsvorgang. Vergrößerung der Oberfläche, Vermehrung der Zwischenräume durch Erhöhung des Sandzulasses, Beförderung des Verdunstens durch Luftzug und erhöhte Temperatur wirken günstig auf die Erhärtung; dagegen wird letztere erschwert durch glatte Oberflächen, dichte Lagerung ohne Zwischenräume und Verhinderung des Verdunstens durch Feuchtigkeit und Luftabfluß.

Daraus erklären sich alle Erscheinungen bei der Erhärtung. Von der Oberfläche wird so lange Kohlenäure aufgesaugt und zur Bildung von kohlensaurem Kalk verwendet, so lange noch feuchtes Kalkhydrat, also Wasser, vorhanden ist, und aus dem Inneren wird so lange Wasser zugeführt, bis die Poren der gequollenen Kalkteilchen durch den gebildeten kohlensauren Kalk geschlossen sind und die Absorption des Porenwassers durch ablaufende Unterlagen aufgehört hat. Die Erhärtung schreitet immer langsamer in das Innere vor und erreicht, je nach der Dicke der Schichten und dem Abschluß von Luft, erst nach Monaten, Jahren, ja Jahrhunderten volle Umwandlung in kohlensauren Kalk.

Gewöhnliche Mörtelfugen erlangen an der Luft nach 5 Tagen ihre volle Oberflächenerhärtung. In diesem Zustande trägt die Oberfläche die *Vicat'sche* Nadel mit 2000^g Belastung. Dringt die Kohlenäure durch die ganze Fugendicke durch, so wird durch die *Vicat'sche* Nadel erst bei einer Belastung bis zu 10000^g die Zerstörung der Fuge bewirkt. Daß vor allem die Kohlenäureaufnahme, nicht das Austrocknen allein die Erhärtung bewirkt, geht daraus hervor, daß die Unterseite eines Mörtelwürfels nur 500^g trägt, wenn die der Luft ausgesetzten Flächen 7500^g tragen. Feuchtigkeit unter Kohlenäurezutritt verzögert nur die Erhärtung, verhindert sie aber nicht; Frost wirkt oft ohne Austrocknung nur verzögernd auf die Erhärtung (z. B. beim Fugenmörtel), und trockner Frost bewirkt (z. B. beim Putzmörtel) scheinbar wirkliches Zerstören. Ebenso erklärt sich aus der härtenden Wirkung der Kohlenäure, daß magere Mörtel, bei denen nicht alle Zwischenräume des Sandes mit Kalkbrei erfüllt sind, viel kräftiger erhärten als fette Mörtel. Mörtelproben mit 5 Raumteilen Sand auf 1 Teil Kalkbrei tragen 10000^g, solche mit 3 Teilen Sand nur 7500^g nach völliger Erhärtung.

Daß auch die zur Beförderung des Austrocknens von Kalkputzwänden benutzten Koke-Körbe wirklich ein durchaus zweckentsprechendes Verfahren darstellen, ist durch Versuche von *Michaëlis* nachgewiesen worden. Nur bis 100 Grad gesteigertes Trocknen unter Kohlenäurezufuhr scheint dabei ungünstig zu wirken. Mörtel aus 1 Teil Kalkbrei auf 3 Teile Sand ergab nach 4 Wochen, unter Kohlenäurezufuhr in der Wärme getrocknet, 8,55^{kg} Zugfestigkeit, während derselbe Mörtel, nur an der Luft erhärtet, bloß 1,95^{kg} erreichte. Vielfach herrscht noch die Anschauung, daß außer der Bildung von kohlensaurem Kalk auch die Bildung von Kalksilikat an den Berührungstellen von Sand und Kalk zur Erhärtung wesentlich beiträgt; jedoch haben die genauen Untersuchungen im

chemischen Laboratorium für Tonindustrie von *Seger & Cramer* in Berlin⁶⁷⁾ nachgewiesen, daß selbst bei über 200 Jahre altem Mörtel aus Rüdersdorfer Kalk eine Bildung von Kalksilikat sich nicht nachweisen läßt und daher gar kein Grund vorliegt, bei Luftmörtel eine Silikatbildung anzunehmen.

93.
Festigkeit
von
Luftmörtel.

Aus obigem geht schon hervor, daß Luftkalk an sich ganz beträchtlich verschiedene Festigkeiten annehmen kann, je nachdem die Erhärtungsbedingungen mehr oder weniger günstige sind. Die Gütebeurteilung eines bestimmten Luftkalkes beschränkt sich daher auch meist nur auf seine Ausgiebigkeit, worüber schon oben das Nötige mitgeteilt worden ist. Lengericher Fettkalkmörtel aus 1 Raumteil Fettkalkpulver und 1,5 Raumteilen Normsand ergibt nach *Böhme* bei Lufterhärtung nach 7 Tagen 2,74^{kg} Zugfestigkeit, nach 28 Tagen 4,82^{kg} für 1^{qcm}. Die Druckfestigkeit desselben Mörtels war nach 7 Tagen 16,53, nach 28 Tagen 21,18^{kg} für 1^{qcm}. Reiner Kalkmörtel, der auch kaum praktisch verwendbar ist, erlangt überhaupt keine nennenswerte Festigkeit; mit Recht wird daher Fettkalk nach dem Vorgange von *E. Hoffmann* als unselbständiger Mörtel bezeichnet, und erst die Zugabe von Sand und die Art der Bearbeitung und Erhärtung geben ihm außer der Verkittungsfähigkeit auch Erhärtungsfestigkeit.

94.
Mauermörtel.

Der Mauermörtel wird seinem Zwecke entsprechend aus gröberem, am besten gemischtkörnigem Sand und höchstens soviel Kalkbrei angemacht, daß die Sandzwischenräume im dicht gelagerten Zustand eben noch durch Kalkbrei ausgefüllt werden. Da hierbei der Sand stets in losem Zustande gemessen zur Verwendung kommt, so ist die Mörtelmenge oder die Ausgiebigkeit meistens geringer als das Maß des Sandes, und der Kalkbrei trägt solange zur Vermehrung der Mörtelmasse nichts bei, als er nicht mehr als die Zwischenräume beträgt. Da der Sand häufig 20 Vomhundert und mehr schwindet, bis er seine dichteste Lagerung angenommen hat, und der Fettkalk, insbesondere bei kräftiger Durcharbeitung, die dichteste Ineinanderlagerung nur befördert, so kommt die verschiedene Ausgiebigkeit verschiedener Kalksorten hierbei nicht zur Geltung; ja sehr fetter, d. h. ausgiebiger Kalk kann die engste Lagerung nur noch befördern und daher noch geringere Sandmörtel ausgiebigkeit hervorrufen als weniger fetter. Man nimmt im allgemeinen an, daß der Durchschnitt der Ausgiebigkeit eines Mauermörtels etwa 80 Vomhundert der losen Sandmenge beträgt.

Nach den Versuchen von *Hauenschild* ist erwiesen, daß Luftmörtel im Verhältnis von 1:5 dem Rauminhalt nach bei Grundbauten energischer erhärtet, als solcher im Verhältnis 1:3, weil er der Kohlenstoffaufnahme günstiger ist. Nur die größere Geschmeidigkeit eines Mörtels mit weniger als 3 Teilen Sand rechtfertigt einen höheren Kalkzusatz, insbesondere bei Backsteinmauerwerk. Es erhellt aus dem über die Erhärtungsbedingungen Gesagten, daß stets möglichst steifer Kalkmörtel zur Verwendung gelangen soll; insbesondere ist dies bei Mauern aus Bruchsteinen und Klinkern der Fall, weil sonst durch den Druck der Steine unmittelbar Wasser ausgepreßt, die Reibung an den Berührungsflächen dadurch sehr vermindert und die Steine selbst dadurch beweglich, „schwimmend“, würden.

Zu Mauern aus gewöhnlichen Backsteinen und porösen Sandsteinen soll ein fatter, nicht flüssiger, aber leicht beweglicher Mörtel verwendet werden, damit das Porenwasser unter Mitnahme von Kalkmilch in die Steinporen langsam eindringt und dadurch Vergrößerung der Adhäsion, ohne Entziehung der Plastizität, bewirkt.

Bei zu großer Dünnsflüssigkeit und dabei gleichzeitiger Magerkeit, also bei hohem Sandzusatz, hört oft die Plastizität und damit die Bedingung der Verkittung

⁶⁷⁾ Siehe: Thonind.-Ztg. 1894, S. 296.

schon auf, bevor der deckende Stein aufgesetzt wird, was natürlich eine Verbindung des oberen Steines mit der Fuge aufhebt. Beim Abbruch von Mauern sieht man dies leider nur zu häufig.

Vorteilhaft ist die Einführung der aus Staubhydrat und Sand maschinell gemischten Trockenmörtel, die auch den Transport in entlegene Orte zulassen und denen an Ort und Stelle nur mehr das nötige Wasser zugefetzt wird. Nach den Angaben von *Hartig*⁶⁸⁾ gibt der in verschiedenen Magerungsstufen hergestellte Trockenmörtel der Dresdener Mörtelwerke wesentlich höhere Zug- und Druckfestigkeiten, sowie größeres Adhäsionsvermögen als der gewöhnliche Mörtel, eine vorteilhafte Eigenschaft, die übrigens allen maschinell gemischten Mörteln in mehr oder weniger hohem Grade eigen ist und auch die Festigkeit von Luftkalkmörtel reichlich verdoppelt. (Der hierbei verwendete Kalk dürfte aber Grau- oder Schwarzkalk [siehe Art. 70, S. 137] gewesen sein.)

Putzmörtel bedarf vermöge seiner Aufgabe, lotrechte Flächen zu schützen, einer genügenden Adhäsion an den Wänden und darf außerdem nicht so schwinden, daß sich dabei Risse bilden. Man benutzt hierzu zuerst meist mittelgroben Sand im Verhältnis 1:2 und macht den Bewurf dünn, nur etwa 5^{mm} stark, läßt die Schicht so anziehen, daß sie nicht mehr plattlich wird, sondern anfaugend wirkt, wenn der zweite Bewurf darauf kommt, vermindert bei demselben die Sandmenge etwas, um größere Geschmeidigkeit zu erzielen, und verwendet zum letzten Bewurf, besonders beim Ziehen von Gelinzen, feineren Sand. Auf geringe Dicke und Anziehenlassen der ganzen Fläche ist dabei genau Rücklicht zu nehmen. Am sichersten wird der Bildung von Schwindrissen vorgebeugt, wenn man zu jeder Putzlage eine gewisse Menge Romanzement oder Portlandzement gibt, und zwar von innen nach außen weniger, so daß dem inneren Rohbewurf am meisten Zement, etwa $\frac{1}{4}$, dem äußersten nur etwa $\frac{1}{20}$ der verwendeten Menge Kalkbrei zugefetzt wird. Ein ähnlicher Putz von *Ambroselli* erhielt vom Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen einen Preis⁶⁹⁾. *Bues* widerrät die Anwendung mehrerer Putzschichten und befürwortet das Anbringen einer einzigen, mindestens 15^{mm} starken Schicht⁷⁰⁾.

Es kommt hiernach vor allem auf gleichmäßige Porosität der Mauer und auf gleichmäßigen Gehalt der Masse an Porenwasser sowohl der Fläche, als der Dicke nach an. Von Chemikern wird behauptet, daß das Anhaften des Putzes am Mauerwerk durch die Bildung von kieselurem Kalk infolge Verbindung der auf der Oberfläche des Backsteines vorhandenen kieselurenen Tonerde mit dem Ätzkalk des Mörtels befördert werde⁷¹⁾. Dies stimmt allerdings nicht mit der in Art. 85 (S. 144) entwickelten Mörteltheorie, hat aber viel für sich, da ja auch die Erhärtung des Kalkmörtels durch Zusatz von Ziegelmehl wesentlich befördert wird und der Mörtel hydraulische Eigenschaft erhält. Auch haftet nach dem Abfallen des ersten Putzes ein zweiter Putzauftrag niemals mehr so fest, wie jener erste.

Künstlerische Verwendung findet der Luftmörtel zur Wanddekoration bei der Ausführung von Sgraffito und bei der Herstellung des Grundes zur Fresko-, Kalefmalerei und zur *Keim*'schen Mineralmalerei. Von der Technik derselben und vom Wandputz überhaupt wird noch im III. Teile dieses „Handbuches“ (Band 2, Heft 1 und Band 3, Heft 3) eingehend die Rede sein.

Der feinste Mörtel aus Fettkalk dient zu Stuck. Man versteht darunter ge-

95.
Putzmörtel.

96.
Stuckmörtel.

⁶⁸⁾ Siehe: *Civiling.*, Bd. 33, Heft 2.

⁶⁹⁾ Siehe: Teil III, Band 3, Heft 3 dieses „Handbuches“, wo dieser Putz beschrieben werden wird.

⁷⁰⁾ Siehe auch Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abchn. 1, A, Kap. 4, unter a) dieses „Handbuches“.

⁷¹⁾ Vergl.: *Deutsche Bauz.* 1874, S. 179.

wöhnlich eine Mischung des Fettkalkes mit Gips, welcher letzterer, selbst in geringen Mengen dem Fettkalk zugesetzt, durch Entziehen des Quellungs Wassers und Bilden langsam kristallisierenden hydratisierten Gipses, der den Kalkmörtel zu selbständig erhärtendem Mörtel macht, seine Geschmeidigkeit befördert und die Erhärtung beschleunigt. Zu 2 bis 3¹ Fettkalk wird dabei 1¹ Gips zugesetzt.

Hierher gehört auch der in der Barockzeit häufig verwendete Relief-Stuckmörtel. Dies ist altabgelagerter, besonders speckigsteifer Fettkalk, der mit geliebtem Marmorstaub in solchem Verhältnis gemengt wird, daß er nicht mehr schwindet und, zu lange plattförmig bleibendem Teig geknetet, zum Bollieren von Relieftuck dient.

L. Kessler hat das Aluminium-Fluossilikat zum dauernden Härten und zur Herstellung wetterbeständiger Politur auf Relieftuck vorgeschlagen⁷³⁾.

Luftmörtel wird auch zur Herstellung künstlicher Steine benutzt, und es werden diese je nach dem Füllstoff, welcher dabei als Skelett dient, verschieden benannt.

97.
Kalksandstein
und
Hydrosandstein.

Kalksandsteine⁷³⁾ oder Kalkziegel wurden früher, wie noch heute, aus scharfem, reinem Quarzsand mit wenig frisch gelöschtem Kalk und möglichst geringem Wasserzusatz hergestellt; der Kalkgehalt betrug dabei 12 bis 14 Vomhundert, oder die Mischung war 1:3 bis 5. Maschinelle Mischung und Formen mittels kräftig wirkender Pressen bewirkten wesentlich erhöhte Festigkeit; jedoch erfolgte die Erhärtung nur an der Luft.

Diese alte Kalksandstein-Fabrikation wird heute durch die neue verdrängt, welche hauptsächlich auf den Patenten von Zernikow (1877) und Michaelis (1880) beruht.

Zernikow verwendet quarzreichen, feinen Sand und recht fetten Ätzkalk in Verhältnissen von 2 bis 30 Teilen Kalk auf 100 Teile Sand und mischt diese Massen in einem geschlossenen Dampfkessel mit Rührwerk, welcher von einem zweiten Kessel umgeben ist. Nachdem in dem ersten die noch fast trockene Masse durch Dampf von mindestens 120 Grad, bzw. 2 Atmosphären Spannung erhitzt ist, wird der Dampf nach dem Zwischenraum zwischen beiden Kesseln umgestellt und nunmehr die Mörtelmasse unter stetem Umrühren gar gekocht, bei 2 Atmosphären Druck in 12 Tagen, bei 7 Atmosphären in 2 Tagen, wonach Abkühlung und Formung der Steine erfolgen kann, welche nach 24 Stunden noch mit dem Modellierholz bearbeitet werden können, dann aber stetig erhärten. Zernikow faßt die Sache am verkehrten Ende an, und deshalb war dieses Verfahren nicht zweckmäßig, wenn es auch alles Material enthielt, welches späteren „Erfindern“ als Grundlage für ihre Verbesserungen diente.

Diese Mängel machte Michaelis durch sein Patent gut, welches lautet: „Ich mische Sand usw. innig mit 10 bis 40 Vomhundert Kalkhydrat in dazu geeigneten Apparaten. Das so erhaltene Gemisch verforme ich und setze es in geeigneten Behältern der direkten Einwirkung von gespanntem Dampf von einer Temperatur von 130 bis 300 Grad C. aus. Nach einigen Stunden hat sich Kalkhydrofossilat gebildet und damit eine steinharte Masse, die luft- und wasserbeständig ist.“

Bei der auf verschiedenen Patenten beruhenden Ausführung unterscheidet man die Aufbereitung der Rohmasse mit Ätzkalk oder mit Kalkhydrat, also das Löfchen des Kalkes bei oder nach dem Mischen mit Sand oder die Zuführung fertigen Kalkhydrats zum Sande. Kalkbrei ist wegen seines hohen Wassergehaltes ausgeschlossen; der Sand muß, wenn er nicht immer völlig gleichmäßig feucht ist, was selten der Fall sein wird, erst in besonderen Vorrichtungen getrocknet werden. Die Benutzung von Ätzkalk ist das neuere Verfahren, und es mag hier wenigstens

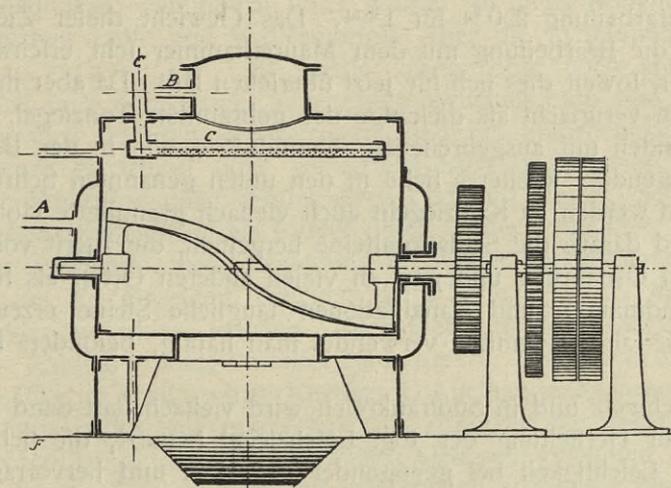
⁷²⁾ Über *Stucco lustro* siehe Teil III, Band 3, Heft 3 dieses „Handbuchs“.

⁷³⁾ Näheres über Erzeugung und Verwendung der Kalksandsteine in: KRAUSE, F. Anleitung zur Kalksandbaukunst. 1851. — ENGEL, Der Kalk-Sand-Pfebbau. 3. Aufl. Leipzig 1855. — BERNHARDI, A. Die Kalkziegelfabrikation und der Kalkziegelbau auf ihrem gegenwärtigen Standpunkt etc. 4. Aufl. Eilenburg 1873. — SCHOCH, C. Die Kalksandsteinfabrikation. Chem. Industrie 1903, Nr. 15—18.

zur Erläuterung deselben die Mifchtrommel von *Schwarz* (Fig. 21⁷⁴) beschrieben werden.

Die Vorrichtung besteht nach der Beschreibung von *Schoch*⁷⁵) aus dem eigentlichen Löffzylinder, welcher einen Doppelmantel für Dampfheizung mit dem Dampfzuleitungsrohre *A* hat, und dem im erfteren rotierenden Knetmischflügel. Das Wasser wird dem Apparat durch das Zuflußrohr *C* zugeführt, welches innerhalb des Löffzylinders eine Anzahl feiner Zerftäubungsdüfen hat. Oben trägt der Apparat einen Dampfdom, der auch als Mannloch dient und mit einem Ausgangsstutzen *B* an eine Vakuumpumpe angeschlossen ist. Der Sand wird nun durch das Mannloch in die Löfftrommel eingebracht, unter Umrühren durch den Dampf hoch erhitzt und die Feuchtigkeit durch die Vakuumpumpe abgefaugt. Hiernach werden 5 bis 7 Vomhundert Kalk in feingemahlenem Zustande beigefügt und mit dem Sande vermifcht, worauf die nötige Menge Wasser zugefetzt wird. Dann erfolgt, ebenfalls unter stetigem Mifchen und Kneten durch den Flügel und ebenfo stetiger Erwärmung durch den Dampfmantel, aber natürlich ohne Abfaugen durch die Luftpumpe, die Hydratifierung des Kalkes und zugleich die innigfte Mifchung des erfteren mit dem Sande. Die Maffe ist hierdurch zu einem heißen Mörtel geworden, der sich vorzüglich verpressen läßt. Da man bei diefem Verfahren von trockenen Rohmaterialien ausgeht, läßt sich der Zufatz von Mörtelwasser ganz genau regeln, was für die Fabrikation von großer Wichtigkeit ist;

Fig. 21.



Mifchtrommel von *Schwarz*⁷⁴).

denn bei Wasserüberschüssen im Mörtel werden die Steine Riffe bekommen und können fogar ganz auseinandergelrenkt werden. Die Verarbeitung zu Ziegeln geschieht fodann durch automatische Pressen, wie bei allen Ziegeleibetrieben. Die fertig gepreßten Rohsteine werden jetzt auf Plateauwagen aufgetapelt und gelangen mit diesen in den Härtekeffel, wobei darauf zu achten ist, daß sie nicht durch herabtropfendes Kondenswasser leiden. Die Erhärtung erfolgt meistens mittels hochgespannten Dampfes nach dem *Michaelis*'schen Verfahren unter 8 bis 10 Atmosphären Druck, und zwar binnen 10 bis 11 Stunden, während beim *Neffgen*'schen Niederdruckverfahren in gemauerten Kanälen die Erhärtung eine verhältnismäßig lange Zeit erfordert und auch die Steine nur einen geringeren Härtegrad erreichen.

Der aus dem Härtekeffel hervorgehende fertige Ziegel ist ein Kalksilikat-Sandstein, also etwas ganz anderes als etwa ein Sandstein mit kalkigem Bindemittel. Mit zunehmendem Alter könnte die zeretzende Wirkung der Kohlenäure die äußere Schicht in Kalkkarbonat verwandeln und die Zerörung der Steine veranlassen. Unter vielen Mitteln, die dagegen vorgeschlagen sind, ist wohl die

⁷⁴) Fakt.-Repr. nach: Chem. Industrie 1903, Nr. 15-18, Fig. 2.

⁷⁵) Nach: SCHOCH, a. a. O.

Behandlung ihrer Oberfläche mit Flußsäure ⁷⁶⁾ am erwähnenswertesten, unter deren Einwirkung der kiefelfauere Kalk sich in erstarrende Kiefelsäuregallerte und Fluorkalium scheidet, während ebenso der etwa schon gebildete kohlenfauere Kalk seine Kohlensäure abpaltet und gleichfalls in Fluorkalium übergeht. Dies hat natürlich nur für Verblendteine Wert, ebenso die Färbung der letzteren, welche sich leicht bewirken läßt und bei der nur zu beachten ist, daß die Farbstoffe nicht, wie häufig die roten, schwefelhaltig sind, damit nicht Gipsbildung und das schädliche Treiben eintritt.

Nach dem gleichen Verfahren können selbstverständlich Quader, Baluster und jede Art Sandsteinnachahmungen hergestellt werden, wenn die nötigen Formen aus Gips, Holz oder Eisen vorhanden sind, in welche der fertige Mörtel einzustampfen ist. Das Modellieren wird nach dem Herausnehmen aus der Form mit Modellierhölzern und Messern auf die leichteste Weise bewirkt. Nachher folgt die Erhärtung unter Dampfdruck. Diese Kalksandteine heißen auch „Hydrosandteine“ und lassen sich leicht durch Zusatz einer Eisenvitriollösung gelb färben.

Die Druckfestigkeit der Kalksandteine ist eine hohe; sie übersteigt bei angemessener Verarbeitung 250 kg für 1 q^{cm}. Das Gewicht dieser Ziegel und ihre Härte, welche die Bearbeitung mit dem Maurerhammer sehr erschwert, sind ihre einzigen Fehler, soweit dies sich für jetzt überleben läßt. Da aber ihre Herstellung weniger Kosten verursacht als diejenige der gebrannten Tonziegel, so werden sie selbst in Gegenden mit ausgebreiteter Tonindustrie, wie in der Berliner, neuerdings viel verwendet. Weiteres siehe in den unten genannten Schriften ⁷⁷⁾.

98.
Schlackenteine.

Statt Sand werden zu Kalkziegeln auch vielfach granuliert Hohofenschlacken genommen und daraus die Schlackenteine hergestellt, die zuerst von der Georgsmarienhütte in Osnabrück und jetzt an vielen anderen Orten als sehr wetterfeste, auch zu Grundmauern und Kanalisationen taugliche Steine erzeugt werden ⁷⁸⁾. Statt des Kalkes als Bindemittel verwendet man häufig, besonders in Süddeutschland, Gips.

99.
Löfchziegel.

In der Schweiz und in Südfrankreich wird vielfach statt Sand geliebte Steinkohlensalze zur Herstellung der sog. Löfchziegel benutzt, die sich durch große Porosität und Leichtigkeit bei genügender Festigkeit und hervorragender Schallfesterheit auszeichnen. Die Formate werden dabei reichlich doppelt so dick wie Normalsteine genommen. Sie erreichen eine Druckfestigkeit von 15 kg für 1 q^{cm} ⁷⁹⁾.

100.
Schwemmteine.

Die gleichen Vorteile, wie die Löfchsteine, bieten die aus Bimsland am Rhein um Neuwied in großen Mengen erzeugten Schwemmteine ⁸⁰⁾. Zu ihrer Herstellung werden Magerkalke gebraucht, welche sich besser bewährt haben als Fettkalke. Der Bimsland wird im Freien gelagert und mit Kalkmilch angerührt. Zur Erhärtung der Steine an der Luft genügen 14 Tage. Vorzüge sind ihre Leichtigkeit und ihr geringes Wärmeleitungsvermögen. Sie werden daher mit Vorliebe zur Ausfüllung von Fachwerkwänden, zu Deckengewölben, als schlechte Wärmeleiter zu Bier- und Eiskellern usw. verwendet und erhalten gewöhnlich ein Format von 25 × 12 × 9,5 cm; auch werden Steine für Schornsteinrohre, sog. Achtecksteine,

⁷⁶⁾ Nach D. R.-P. 128477.

⁷⁷⁾ SCHOCH, C. Die Kalksandteinfabrikation, a. a. O.

RINNE, F. Zur mikroskopischen Struktur von Kalksandsteinen. Thonindustrie-Ztg. 1903, S. 192.

GLASENAPP, M. Theoretische Erörterungen über Kalksandteinfabrikation. Thonindustrie-Ztg. 1900, S. 1703.

STÖFFLER, E. Kalksandteine. Bausteine aus quarzigem Sand und Kalk etc. Zürich 1900.

⁷⁸⁾ Siehe: DINGLER'S Polytechn. Journal, 16. Juli 1897, S. 72.

⁷⁹⁾ Siehe auch Teil III, Band 1, Heft 1 (Abt. III, Abschn. 1, A, Kap. 5, unter d) dieses „Handbuches“.

⁸⁰⁾ Siehe: Die Eigenschaften und die Verwendung des Schwemmsteins. Baugwks.-Ztg. 1894, S. 121 — und: HAMBLOCH, A. Der rheinische Schwemmstein usw. Baumaterialienkde. 1903, S. 311.

daraus hergestellt, die besonders am Rhein beliebt sind. Ihre Druckfestigkeit beträgt 18 kg für 1 qcm , und ihr Einheitsgewicht ist $2,22$.

Als Wärmeschutzmasse, als Isoliermaterial und zu Zwischenwänden werden die Korksteine von *Grünzweig & Hartmann* in Ludwigshafen mit Vorteil angewendet. Dies ist der leichteste Bautein mit einem Einheitsgewicht von nur $0,22$; er bestand früher aus Korkabfällen mit Kalkbrei und Ton als Bindemittel. Heute wird statt des letzteren eine wässerige Mischung von möglichst fettem Ton mit Teer benutzt, wobei sich die Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit und die Druckfestigkeit von 14 auf 17 kg für 1 qcm erhöht hat ⁸¹⁾.

101.
Korksteine.

c) Mörtel aus hydraulischem Bindemittel im allgemeinen.

Wenn der Luftkalkmörtel, wie oben gezeigt, nur unter Einwirkung von Kohlenäure zu erhärten vermag und daher von außen nach innen verfeinert, so ist der hydraulische Mörtel imstande, auch bei Abwesenheit von Kohlenäure und gleichzeitig durch und durch zu erhärten, und zwar bei genügend dichter Lagerung seiner Bestandteile unmittelbar unter Wasser. In dieser Beziehung besteht ein Gegensatz zwischen Luft- und Wassermörtel. Aber die hydraulischen Mörtel erhärten meistens auch an der Luft ebenso kräftig oder noch kräftiger wie im Wasser; es gibt auch unmerkliche Übergänge zwischen Luft- und Wassermörteln, die sich namentlich dadurch kennzeichnen, daß bei manchen Bindemitteln erst nach begonnener Erhärtung oder wenigstens nach begonnener Erstarrung der Oberfläche die Erhärtung unter Wasser ihren Fortgang nimmt. Selbst die kräftigsten hydraulischen Bindemittel, als Pulver unter Wasser geschüttet, können keinen Zusammenhang gewinnen, wenn Bewegung im Wasser und infolgedessen zu dicke Wasserhüllen um die einzelnen Teilchen die Flächen-, bzw. Massenanziehung zwischen einander unwirksam machen. Auch hier tritt die im *Stefan'schen* Gesetz ausgesprochene Kapillarwirkung in erster Linie hervor. Alles, was dichte Lagerung befördert: allmählicher Wasserzutritt, Knetdruck, Aneinanderlagerung bei größerem Eigengewicht infolge der Schwerkraftwirkung, Zähigkeit der benetzten und oberflächlich aufgequollenen, den hydrostatischen Gesetzen folgenden Teilchen, Umlagerung der durch teilweise Lösung zu molekularer Anziehung und zu beginnender Kristallisation gebrachten Teilchen — befördert auch den Widerstand gegen die zerteilende Kraft des Wassers und umgekehrt.

102.
Kennzeichnende
Eigenschaften.

Zur Beurteilung der Wirksamkeit hydraulischer Bindemittel sind deshalb einheitliche Gesichtspunkte nötig, und erst wenn alle hydraulischen Bindemittel von einem einheitlichen Gesichtspunkt aus miteinander verglichen werden, gelingt es, sie unbefangen zu klassifizieren und jedem einzelnen den Platz anzuweisen, den es je nach seiner besonderen Eigenschaft und Beanspruchung einzunehmen berechtigt ist.

Die einheitlichen Methoden zur Beurteilung und Prüfung hydraulischer Bindemittel sind von den internationalen Konferenzen vereinbart und zur Grundlage der für jedes einzelne zu fordernden Qualitätsziffern gemacht worden. Allerdings sind diese Methoden noch nicht endgültig durchgebildet und bedürfen noch der Vervollständigung und Vervollkommnung; aber sie weisen doch einen sehr beträchtlichen Fortschritt für die fachgemäße Mörteltechnik auf und bilden die Grundlage für die Umwandlung und Verbesserung der anerkanntermaßen be-

103.
Prüfung
der
hydraulischen
Bindemittel.

⁸¹⁾ NAZGER, F. Der Kork und seine Verarbeitung. Baumaterialienkde. 1900, S. 326, 375 — und: GRÜNZWEIG, C. Der Korkstein. Ebenda., S. 396.

dürftigen fog. Normenprüfungen. Deshalb seien hier die von der letzten Wiener Konferenz aufgestellten einheitlichen Prüfungsmethoden hydraulischer Bindemittel vorangestellt. Bei den einzelnen Bindemitteln werden dann die bisher geltenden Anforderungen der Normen an die Qualitätsziffern, bezw. die Unterschiede der Normen von den Konferenzbeschlüssen angegeben.

A) Allgemeines.

104.
Prüfung
im
allgemeinen.

- 1) Wenn es sich um die Verwendung hydraulischer Bindemittel zu einem bestimmten Zwecke handelt, so muß bei Prüfung derjenigen derselben, unter denen die Auswahl getroffen werden soll, diesem Verwendungszwecke und den zur Verfügung stehenden Zuschlagsmaterialien (Sand, Kies, Schlacken usw.) Rechnung getragen werden, d. h. die Proben sind im engsten Anschluß an den Verwendungszweck und mit den zur Verfügung stehenden Zuschlagsmaterialien auszuführen. Solche Proben sind durch die fog. Normenproben nicht zu ersetzen.

Kanaldeckel und Röhren sollen nach der Methode von Prof. *Bauschinger* geprüft werden ⁸²⁾.

- 2) Die Zug- und Druckfestigkeit des Zementmörtels, so wie sie jetzt normengemäß bestimmt wird, ist für die Dauerhaftigkeit der Bauten nicht allein maßgebend; es kommen vielmehr noch mehrere wichtige Momente in Betracht, beispielsweise Wetterbeständigkeit, Sprödigkeit, Wasserundurchlässigkeit, Adhäsionsfestigkeit, Raumbeständigkeit der Mörtel, welche für die Dauerhaftigkeit der Bauten vom größten Belang sind. Da die jetzt schon erreichten Festigkeiten des Zementmörtels nicht ausbeutet werden können, so erscheint eine weitere Steigerung derselben vom Standpunkte der Mörteltechnik aus nicht erforderlich.

B) Prüfung.

105.
Gewicht.

1) Gewicht:

α) Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes eines hydraulischen Bindemittels (des spezifischen Gewichtes der Körner nämlich) soll einheitlich mittels des fog. Volumometers erfolgen.

β) Zur Bestimmung des Raumgewichtes eines hydraulischen Bindemittels ist ein zylindrisches Normallitergefäß von 10 cm Höhe zu benutzen. In dasselbe wird

a) eingelebt und zwar maschinell mit dem Apparate von *Tetmajer*,

b) eingerüttelt, und zwar ebenfalls maschinell mit dem Apparate von *Tetmajer* und

c) eingeschüttet mit der Hand unter Benutzung des Fülltrichterapparates und des Normallitergefäßes.

106.
Feinheit
der
Mahlung.

- 2) Feinheit der Mahlung. Die Feinheit der Mahlung hydraulischer Bindemittel ist mittels Sieben von 900 und 4900 Maschen für 1 qcm für Portlandzement und von 900 und 2500 Maschen für 1 qcm für die übrigen hydraulischen Bindemittel zu bestimmen und dabei zu jeder Probe die Menge von 100 g zu verwenden. Die Drahtstärken jener Siebe sollen sein:

bei 4900	2500	900 Maschen für 1 qcm
0,05	0,07	0,1 mm

und wird empfohlen, die Siebe nur von einer Quelle zu beziehen.

3) Abbindeverhältnisse:

107.
Abbinde-
verhältnisse.

α) Für alle hydraulischen Bindemittel mit Ausnahme der Puzzolane (Traß):

a) Die Abbindeverhältnisse sind immer bei einer Temperatur von 15 bis 18 Grad C. zu untersuchen.

b) Sie sind zu ermitteln an einem Brei von Normalkonsistenz. Zur Feststellung derselben dient der mit Normalnadel (l. u.) zu vereinigende Konsistenzmesser, bestehend aus einem Schaft mit 300 g Gewicht und 1 cm Durchmesser und einer zylindrischen Dose von 4 cm Höhe und 8 cm Weite aus einem wasserundurchlässigen, schlechten Wärmeleiter (am besten Hartgummi).

Zur Bestimmung der Normalkonsistenz rühre man 400 g des hydraulischen Bindemittels mit einer angenommenen Wassermenge zu einem steifen Brei, arbeite diesen mittels eines löffelartigen Spatels, und zwar bei Langsambindern genau 3 Minuten lang, bei Raschbindern 1 Minute lang, durch und fülle, ohne zu rütteln,

⁸²⁾ Siehe: BAUSCHINGER, J. Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der K. polytechnischen Schule in München. Heft 7. München 1877.

die Dose des Konfiftenzmessers. Nach erfolgtem Abtrieb der Breioberfläche wird der Schaft des Konfiftenzmessers behutsam in den Brei eingelassen.

Die Breikonfiftenz eines hydraulischen Bindemittels ist als normal anzusehen, wenn der Schaft des Konfiftenzmessers in einer Höhe von 6 mm über der Bodenfläche der Dose stecken bleibt.

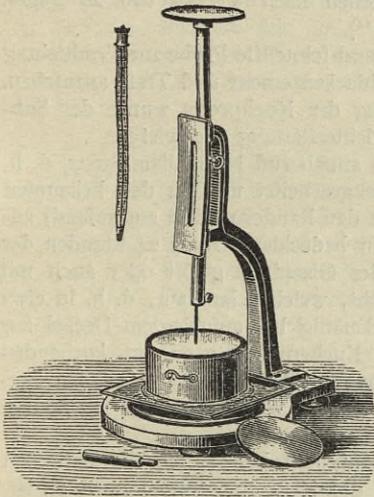
- c) Die Abbindeverhältnisse sind zu ermitteln mittels einer 300 g schweren Normalnadel mit 1 qmm kreisförmiger Querschnittsfläche und derselben Dose wie vorhin (Fig. 22⁸³⁾.

Man rühre 400 g des hydraulischen Bindemittels mit der unter β bestimmten Wassermenge zu einem Brei an, indem man bei Langsambindern 3 Minuten, bei Raschbindern 1 Minute lang umrührt, und fülle damit die Dose eben.

Der Erhärtungsbeginn ist eingetreten, wenn die Nadel den Kuchen nicht mehr gänzlich durchdringt. Er kann bei Raschbindern auch mittels des Thermometers bestimmt werden.

Um die Bindezeit feftzustellen, kehrt man die Dose um. Jedes hydraulische Bindemittel kann als abgebunden bezeichnet werden, sobald die Erhärtung soweit vorgeschritten ist, daß die Normalnadel am Kuchen keinen Eindruck mehr hinterläßt. Die hierzu erforderliche Zeit heißt Bindezeit.

Fig. 22.



Normalnadel.

Ob ein hydraulisches Bindemittel als rasch oder langsam bindend zu bezeichnen sei, entscheidet der Erhärtungsanfang.

- b) Als Vorprobe für die Bestimmung der Bindezeit kann auch die Kuchenprobe gemacht werden. Dabei werden 100 g des zu prüfenden Zements mit Wasser zu einem Brei von Normalkonfiftenz bei Langsambindern 3, bei Raschbindern 1 Minute lang angerührt und daraus auf ebener Glasplatte ein Kuchen von etwa 2 cm Dicke geformt. Derselbe gilt als abgebunden, wenn er einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht.
- c) Zusatz: Es ist wünschenswert, daß, von der Normalkonfiftenz ausgehend, Abbindeversuche auch mit höheren Wasserzufätzen gemacht werden.
- β) Für Puzzolane (Traß).

Die fein gepulverte, bei 100 bis 110 Grad C. getrocknete Puzzolane wird auf den Glühverlust (gebundenes Wasser) und mittels der 300 g schweren Normalnadel mit 1 qmm kreisförmigem Querschnitt (vergl. oben unter α , c) auf die Anfangserhärtung unter Wasser bei möglichst 15 Grad C., jedenfalls unter Berücksichtigung der Temperatur, geprüft in

einer Mischung von 2 Gewichtsteilen Puzzolane (Traß), 1 Gewichtsteil Kalkhydratpulver und 1 Gewichtsteil Wasser.

Der in die Dose eingefüllte und glatt abgetrichene Mörtel soll sofort unter Wasser gebracht und nach 2, 3, 4 und 5 Tagen in der Weise geprüft werden, daß ermittelt wird, mit welcher Belastung die obige Normalnadel den Mörtel durchdringt, wobei die angewendete Dose jedoch nicht über 4 cm hoch sein darf.

- 4) Raumbeständigkeit:
 α) Portlandzement:

- a) Zur Gewinnung eines rascheren Urteiles über die Raumbeständigkeit von Portlandzement bei Erhärtung im Wasser oder im vor Austrocknung geschützten Zustande wird die einfache Darrkuchenprobe empfohlen, welche wie folgt auszuführen ist:

Der Zement wird mit Wasser zu einem Brei von Normalkonfiftenz angerührt und auf einer ebenen, dünnen Glasplatte zu Kuchen von 8 bis 10 cm Durchmesser und etwa 2 cm Dicke ausgegossen.

108.
Raumbeständigkeit.

⁸³⁾ Die Normalnadel wurde von Tetmajer in die gegenwärtige Form gebracht.

Zwei dieser Kuchen, welche zur Vermeidung von Schwindrissen vor Austrocknung zu schützen sind, werden nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden, mit ihrer ebenen Fläche auf einer ebenen Metallplatte ruhend, einer Temperatur von 110 bis 120 Grad so lange (mindestens aber 1 Stunde lang) ausgefetzt, bis keine Wafferdämpfe mehr entweichen.

Zeigen die Kuchen nach dieser Behandlung weder Krümmungen noch Kantenrisse, so ist das betreffende Bindemittel als raumbeständig zu betrachten; im anderen Falle ist das Resultat der jetzt allgemein gebräuchlichen Kuchenprobe auf Glasplatten abzuwarten, welche als entscheidend gilt.

Bei Anwesenheit von mehr als 3 Vomhundert wasserfreiem, schwefelfaurem Kalk (oder entsprechendem Gehalt an ungebundenem Gips) ist die Darrprobe nicht maßgebend.

- b) Die entscheidende Probe auf Raumbeständigkeit ist die Kuchenprobe auf Glasplatten (Plattenprobe), welche folgendermaßen auszuführen ist:

100 g des zu prüfenden Zements werden mit Wasser zu einem Brei von Normalkonfistenz angerührt und daraus auf einer ebenen Glasplatte ein Kuchen von etwa 2 cm Dicke geformt. Zwei dieser Kuchen, welche zur Vermeidung von Schwindrissen vor Austrocknung geschützt wurden, werden nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden, unter Wasser aufbewahrt, und es gilt das Bindemittel als raumbeständig, wenn die Kuchen nach Verlauf von 28 Tagen keinerlei Krümmungen oder Kantenrisse zeigen⁸⁴⁾.

- c) Die Kochprobe ist als unbedingt zuverlässigste und schnellste Probe zur Ermittlung der Volumbeständigkeit für Portlandzement, Schlackenzement und Traß anzusehen.

Die nachstehend beschriebene Ausführung der Kochprobe wurde der Subkommission zur Prüfung und feinerzeitigen Berichterstattung zugewiesen.

50 g des zu prüfenden Zements werden in annähernd Normalkonfistenz, d. h. mit 13 bis 15 g Wasser, eine Minute lang durchgearbeitet und zu den bekannten Glasplattenkuchen (1 cm in der Mitte dick, nach den Rändern dünn auslaufend) angemacht, in einem mit Wafferdampf gefüllten bedeckten Raume 24 Stunden der Erhärtung überlassen, sodann entweder von der Glasplatte gelöst oder auch mit der Glasplatte in ein kaltes Wasserbad verbracht, welches langsam, d. h. in etwa 10 Minuten, zum Sieden gebracht wird, zweckmäßig bei aufgelegtem Deckel zur Belchränkung der Wasserverdampfung. Der Kuchen soll ganz im kochenden Wasser sich befinden; im Falle Wasser nachzugeben ist, soll dieses in kleinen Portionen gefeohen, so daß das Wasser immer alsbald wieder auf den Kochpunkt kommt⁸⁵⁾.

Der ständigen Kommission wird ferner empfohlen, bei Prüfung der Methoden zur Ermittlung der Raumbeständigkeit auch die Zementlandmischungen zu berücksichtigen.

Es hatte sich bei Versuchen, welche von *Bauschinger* angestellt worden sind, gezeigt, daß Zemente, welche die „Normalkuchenproben“ (siehe oben, unter b) vollständig bestanden hatten (und zwar nicht bloß nach 28 Tagen, sondern auch nach einem halben und einem ganzen Jahre) in Prismen von 5 cm Querschnitt und 12 cm Länge, hergestellt im Mischungsverhältnis 1 : 3, im *Bauschinger*'schen Apparat nach einem halben Jahre und später schon beim Befichtigen mit bloßem Auge deutliches und starkes Treiben zeigten.

- β) Hydraulische Kalke und Romazemente.

a) Für diese wird die unter α, b angeführte Plattenprobe unter Wasser anempfohlen.

b) Die Würdigung der Kochprobe (siehe unter α, c) für diese hydraulischen Bindemittel wird der ständigen Kommission anheimgegeben.

- γ) Puzzolane (Traß).

a) Für dieselbe wird die folgende Methode empfohlen.

Eine Mischung von 2 Gewichtsteilen Puzzolane (Traß), 1 Gewichtsteil Kalkhydratpulver und 1 Gewichtsteil Wasser wird in eine oben offene, nach unten sich etwas verjüngende, starkwandige Metalldose (verzinktes Eisenblech) von 3 bis 4 cm

⁸⁴⁾ Siehe darüber jedoch: Baumaterialienkde. 1901, S. 413.

⁸⁵⁾ Siehe hierüber: Versuche über die Raumbeständigkeit von Portlandement. Baumaterialienkde. 1903, S. 292 – besonders auch: Die Prüfung der hydraulischen Bindemittel auf Volumenbeständigkeit durch die Kochprobe oder mittels warmer Bäder. Ebendaf., S. 414.

Höhe und 6 bis 8^{cm} oberer Weite eingefüllt, glatt abgefrichen und sofort in ein mit Wasser gefülltes Gefäß gesetzt, so daß das Wasser 2^{cm} hoch über dem oberen Rande der Dose steht. Der erhärtende Mörtel darf weder über den Rand der Dose hervorstehen, noch sich wölben. Die Dose muß einen festen Boden haben, damit der Mörtel sich nur nach oben hin ausdehnen kann.

b) Die Kochprobe ist als unbedingt zuverlässigste und schnellste Probe zur Ermittlung der Raumbefähigkeit auch für Traß anzusehen (vergl. oben, unter a, c).

5) Festigkeitsproben:

a) Für alle hydraulischen Bindemittel mit Ausnahme der Puzzolane (Traß).

a) Die Festigkeitsproben sollen an Mischungen von 1 Gewichtsteil des Bindemittels mit 3 Gewichtsteilen Sand gemacht werden. Es ist jedoch wünschenswert, daß auch Proben mit höherem Sandzuschlag ausgeführt werden.

b) Der zu verwendende Sand soll Normaland fein, zu erzeugen aus möglichst reinem Quarzsande.

Normaland im engeren Sinne, d. h. solcher, auf den alle Vergleiche sich beziehen sollen, ist der Sand von Freienwalde, der durch Drahtsiebe von 60 und 120 Maschen gesichtet ist.

Den anderen Ländern, außer Preußen, soll es überlassen bleiben, sich ihren Normaland zu beschaffen, und zwar womöglich derart, daß er mit jenem Normaland von Freienwalde von gleicher Wirkung in bezug auf die erzielten Festigkeitsergebnisse sein soll. Ist dieses nicht zu ermöglichen, so sollen zweckmäßige Vergleichskoeffizienten zu ermitteln gesucht werden.

c) Die Drahtstärken jener Sandsiebe sollen sein beim

60-	120-Maschenieb
0,38	0,32 mm.

b) Vom Normaland ist das Raumgewicht mittels des Normallitergefäßes im eingelebten Zustande festzustellen.

e) Die maßgebende wertbestimmende Festigkeitsprobe ist die Druckprobe; sie wird an Würfeln mit 50^{qcm} Querschnittsfläche vorgenommen.

f) Die gewöhnliche Qualitätsprobe (Kontrollprobe für die abzuliefernde Ware) ist die Zugprobe, vorgenommen mittels des deutschen Normalapparats an Probekörpern von der deutschen Normalform mit 5^{qcm} Bruchquerschnitt.

g) Die Bestimmung der Normalmörtelkonsistenz und die Auffuchung einer zweckmäßigen maschinellen Herstellung der Probekörper, insbesondere der Bedingungen, durch welche gleiche Dichte der Zug- und Druckkörper erzielt wird, bleibt der ständigen Kommission überwiesen.

Bis auf weiteres können Zug- und Druckkörper von Hand hergestellt werden, und zwar von möglichst gleicher Dichte.

h) Zur Erhebung der Zug- und Druckfestigkeit sind für jede Altersklasse je 6 Probekörper nötig. Das arithmetische Mittel aus den 4 höchsten der gewonnenen Zahlen ist als maßgebend anzusehen.

i) Sämtliche Probekörper müssen die ersten 24 Stunden in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume in der Luft, die übrige Zeit bis unmittelbar vor Vornahme der Probe unter Wasser von der Temperatur 15 bis 18 Grad C. aufbewahrt werden, das alle 7 Tage zu erneuern ist.

β) Als maßgebende Probe wird für sämtliche Bindemittel die 28-Tagesprobe angefohlen.

Zur Beurteilung der Qualität in kürzerer Zeit kann für Portlandzement auch die Festigkeit des Mischungsverhältnisses 1 : 3 nach 7 Tagen ermittelt werden.

(Auf dem Kongreß zu Budapest im Jahre 1901 war zur vorläufigen Übersicht über die Kraftentfaltung des Portlandzements die 6tägige Warmwasserprobe für Zug- und Druckfestigkeit empfohlen worden. „Die aus 1 Gewichtsteil Portlandzement und 3 Gewichtsteilen Normaland anzufertigenden Probekörper sind nach ihrer Erzeugung für die Dauer von 24 Stunden zum Schutze gegen Zugluft und Einwirkung der Sonnenstrahlen in einem geschützten, feuchtgehaltenen Schrank aufzubewahren. Das Warmwasserbad ist nach Einlegung der Probekörper von 15 Grad C. innerhalb 2 Stunden allmählich auf 100 Grad zu erwärmen und auf dieser Temperatur zu halten. Das Wasser ist nach 3 Tagen durch frisches von derselben Temperatur zu erneuern“⁸⁰⁾).

⁸⁰⁾ Siehe: Baumaterialienkde. 1902, S. 5.

Bezüglich der Beurteilung der Qualität in noch kürzerer Zeit, in 3 Tagen, beschloß die Konferenz in Wien:

Die Proben mit reinem Zement (Portland- und Schlackenzement) bieten allein keine hinreichende Grundlage für die richtige Beurteilung dieser Produkte.

Die mit Normalfand im Gewichtsmischungsverhältnisse von 1 : 3 hergestellten Probekörper bieten zwar keine hinreichend sichere Grundlage für die Beurteilung des vollen Wertes bei Portland- und Schlackenzementen, lassen aber immerhin einen beiläufigen Schluß auf die Güte des Materials ziehen, und es wird deshalb die Einführung der 3-Tagefandprobe empfohlen.

Hierbei empfiehlt die Konferenz, es mögen zur Herstellung der Probekörper nur solche Maschinen verwendet werden, die es möglich machen, bei Aufwendung der normalen Rammarbeit sowohl Zug- als Druckproben in möglichst gleicher Zeit herzustellen.

Der zur Verwendung gelangende Normalfand hat natürlich vorkommender reiner Quarzand zu sein.

Zur Prüfung der Druckfestigkeit sind Präzisionsmaschinen zu verwenden.

110.
Adhäsions-
festigkeit.

- 6) Adhäsionsfestigkeit: Die Ermittlung genügender Prüfungsmethoden, bei denen womöglich der deutsche Normal-Zugfestigkeitsapparat verwendet werden soll, bleibt der ständigen Kommission überlassen.

111.
Ausgiebigkeit.

- 7) Ausgiebigkeit verschiedener hydraulischer Bindemittel bei der Mörtelbereitung:

Die Ausgiebigkeit des Mörtels wird entweder mittels des bekannten Mörtelvolumenometers ermittelt oder rechnungsmäßig nach *Stahl's* Methode. In bezug auf letztere muß auf das XIV. Heft der „Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu München“ (München 1886), S. 252—270, verwiesen werden.

112.
Einwirkung
des
Meerwassers.

- 8) Einwirkung von Meerwasser auf hydraulische Bindemittel; infolge eines Vortrages, den Herr Professor *Debray* auf der Berliner Konferenz hielt, wurde der ständigen Kommission die Aufgabe gestellt: Ermittlungen über die Einwirkung des Meerwassers auf hydraulische Bindemittel anzustellen.

Bei der Berichterstattung hierüber auf der Wiener Konferenz zeigte sich eine Meinungsverschiedenheit schon betreff der Form der Probetücke und der Art der Durchführung der Proben. Deshalb wurde die Frage an die Subkommission zurückgewiesen und derselben anheimgestellt, die Methoden zur Prüfung sich selbst zu wählen. Bei den Versuchen sollen auch hochmagere Feinfandmischungen berücksichtigt werden. Die Frage ist bis heute noch nicht genügend geklärt. Seitens des preußischen Staates werden auf der Insel Sylt in nächster Zeit darüber Untersuchungen angestellt werden.

d) Mörtel aus hydraulischem Kalk.

113.
Aktive und
passive
Verwendung.

Je nachdem hydraulischer Kalk, also kohlenfauerer Kalk mit 18 bis 25 Vomhunderten Ton, in Stücken oder in Pulverform in den Handel kommt, ist auch die Art seiner Bereitung zu Mörtel verschieden. Hydraulischer Stückkalk kann entweder durch Begießen mit Wasser oder durch Tränken in Wasser zu Staub gelöst und entweder noch während des Löschvorganges zu fertigem Mörtel gemischt und verbraucht werden: er wird aktiv verwendet und bindet dabei unter Erwärmen rasch und von innen nach außen ab; oder er wird als gelöstes Pulver nach dem Löschvorgang benutzt und erhärtet ohne Wärmeentwicklung und ohne scharfe Grenze des Erhärtungsbeginnes: er wird passiv verwendet.

Im ersten Falle werden die Stücke auf einem ebenen Bretterboden in runde, flache, etwa 50^{cm} hohe Haufen geschichtet und um diese gemessenen Haufen der zur Mörtelbereitung nötige Sand in abgemessenem Verhältnis aufgehäuft. Sodann wird der Kalk mit der entsprechenden Menge Wasser begossen, während des Löschens unter sparsamer Wasserzugabe der Sand eingemischt und tüchtig durchgearbeitet und die Mischung noch warm so rasch als möglich vermauert. Auf diese Weise, die besonders bei den Italienern gebräuchlich ist, bindet selbst gewöhnlicher Luftkalk bei geschickter Verarbeitung noch hydraulisch ab. Es bildet sich unter Beschränkung des Aufquellens kristallinisches Kalkhydrat in der hydrau-

lischen Form, und im Grunde genommen ist aktiver Mörtel daselbe wie *Loriot'scher* Mörtel.

Der *Loriot'sche* Mörtel wird heute wohl nur ausnahmsweise in der Praxis verwendet. Er wird dadurch hergestellt, daß in fertig mit dem Sandzusatz angemachten Luftmörtel eine genau bestimmte Menge frisch gebrannten ungelöschten Kalkes in Mehlform gemischt wird, und zwar so viel, wie das Gewicht des Gehaltes des Mörtels an Ätzkalk beträgt, also bei einem Mischungsverhältnis von 1 Teil Kalkbrei zu 3 Teilen Sand etwa $\frac{1}{2}$ Teil Ätzkalkpulver.

Der beigemischte Ätzkalk entzieht dem Kalkteig sein Quellungswasser und bewirkt dadurch kräftige Flächenanziehung unter beschränktem Entgegenquellen des sich hydratilisierenden Kalkzusatzes und unter Bildung hydraulischen Kalkhydrats. Diese ohne irgend welche chemischen sog. Hydraulefaktoren eintretende hydraulische Verkittung ist so kräftig, daß *Loriot'scher* Mörtel aus 1 Gewichtsteil Ätzkalk und 8 Gewichtsteilen Sand schon nach einer Stunde Erhärtung 3^{kg} Zugfestigkeit für 1^{cm} aufweist. Dadurch erklärt sich auch die so auffallende Wirkung der sog. verlängerten Zementmörtel, bei denen ebenfalls einem Luftmörtel nicht hydratisierte Zuschläge zugesetzt werden. Auch die Wirkung der hydraulischen Zuschläge wird durch Verwendung von Ätzkalk sehr befördert. Hiervon soll später noch weiter die Rede sein.

Der lebendige, d. h. ungelöschte Kalk spielt überhaupt schon bei den Rezepten des *Palladius* für Kette eine wichtige Rolle, und zwar stets in Verbindung mit einer kolloidal quellfähigen oder einer echten Kolloidsubstanz, die allmählich bis zur Verflüssigung aufquellen kann, bei Entziehung des Quellungswassers sich aber als feste Hülle niederschlägt. Ochsenblut, Eiweiß, Milch usw. gehören hierher und ebenso die durch das Brennen aufgeschlossene Kieselsäure und Tonerde. Damit ist auch die Erklärung der Wirkungsweise der hydraulischen Kalke gegeben.

Wird der hydraulische Kalk nicht aktiv, sondern nach Beendigung des Löschvorganges passiv verwendet, so tritt das bis zur Flächenanziehung und damit zum Abbinden gehende Aneinanderquellen der Hydraulefaktoren nur allmählich ein, und bis zu diesem Augenblick kann der Mörtel durch bewegtes Wasser zerflüßigt und seine Wirksamkeit aufgehoben werden. Man läßt daher solchen Kalk stets vorher abbinden, bevor er dem Wasser ausgesetzt wird.

Das Löschverfahren ist hierbei entweder das des Eintauchens oder des Bespritzens. Beim Eintauchen werden mit Stückkalk gefüllte, grobmaschige Drahtkörbe von etwa 20^l Inhalt mittels Winden in wassergefüllte Gruben getaucht, etwa eine Minute bis zum Vollsaugen darin belassen und dann in Haufen oder Behälter gestürzt, welche zwecks Zusammenhaltens der Wärme mit grober Leinwand, Strohecken oder einer Sandschicht bedeckt werden.

Das Löschverfahren mittels Bespritzens wird derart ausgeführt, daß der Kalk in etwa 3,50^m lange, 1,60^m breite und 0,25^m hohe Kalkbänke gebracht, dort in kleinere Stücke zerklagen und 10 bis 15^{cm} hoch aufgeschüttet wird. Hierauf wird der Kalk mittels Gießkanne bebraut, eine Stunde sich selbst überlassen und abermals begossen. Nach weiterem Stehen, 1 bis 1 $\frac{1}{2}$ Stunde lang, ist gut gebrannter Kalk fertig. Dann wird derselbe 10 bis 15^{cm} hoch mit Sand bedeckt und bis zur Verwendung 24 Stunden lang stehen gelassen. Hierauf wird die Sanddecke entfernt und der Kalk geliebt. 1^{cbm} westfälischer hydraulischer Kalk in Stücken von Faustgröße von 900^{kg} Gewicht braucht hierbei 34 Vomhundert Wasser und gibt 2^{cbm} Staubkalk von 630^{kg} für 1^{cbm} Gewicht.

114.
Loriot'scher
Mörtel.

115.
Wirkungsweise
des
hydraulischen
Mörtels.

116.
Lösch-
verfahren.

Dieses Verfahren ist besonders in Norddeutschland verbreitet. In der Schweiz und in Frankreich macht man dünne Lagen von nur 5 bis 6^{cm} Höhe, bebraut sie nur einmal und schichtet darüber so lange Schicht für Schicht, bis eine Höhe von oft über 2^m erreicht ist. An anderen Orten füllt man den Kalk in Körbe von Weidengeflecht oder durchlochtem Blech, taucht sie in Wasser, damit sich der Kalk volllaugen kann, und läßt ihn hierauf an der Luft zu Pulver zerfallen. Die durch Sieben übrigbleibenden Tonknötchen können zermahlen und dann in entsprechender Menge dem Kalkpulver zugemischt werden.

117.
Staubkalk.

Da am Bauplatze das Löschen sehr umständlich, das Sieben mit lästiger Staubentwicklung verbunden ist, da stets ein mehr oder weniger großer Bruchteil nicht zu Staub gelöschten Kalkes übrig bleibt, und da außerdem sich nur solche hydraulische Kalke gut lösen, die weniger hydraulische Eigenschaften haben, so ist mit Recht in den Ländern, wo die Verwendung von hydraulischem Kalk vorherrscht und die Benutzung von Luftkalk in den Hintergrund gedrängt ist, wie in der Schweiz und in Frankreich, der Verbrauch des hydraulischen Kalkes in Stücken aufgegeben, und es wird nur Staubkalk in den Handel gebracht.

Man unterscheidet dabei leichten hydraulischen Kalk (*Chaux hydraulique légère*), der aus Kalkmergeln gewonnen wird, die sich nach dem Brennen noch größtenteils zu Mehl lösen, oder der den Anteil von nicht ganz zu Mehl löschendem Mergel darstellt, welcher durch Ablieben gewonnen wird. Im Gegensatz hierzu steht der schwere hydraulische Kalk (*Chaux hydraulique lourde*), der sich nur unvollkommen löst und meist die schärfer gebrannten und mehr Hydraulfaktoren enthaltenden Mergelarten in sich begreift, für sich gemahlen wird und ein sehr wertvolles hydraulisches Bindemittel darstellt, das vielfach dem Portlandzement nahe steht. Zwischen beiden in der Mitte steht der gemischte hydraulische Kalk (*Chaux hydraulique mixte*), der aus den teilweise löschenden Kalkmergeln gewonnen wird und die löschenden und nicht löschenden Anteile gemengt enthält. Der leichte hydraulische Kalk geht ohne scharfe Grenze in den nicht hydraulischen mageren Kalk über und wird gewöhnlich zu Luftmörtel verwendet. Der schwere und der gemischte hydraulische Kalk stellt ein erdigkörniges, gelblich-graues Pulver dar, das sich beim Anmachen mit Wasser nicht erwärmt. Er bindet stets langsam ab, oft erst nach Ablauf von über 24 Stunden, und besitzt die Eigenschaft, bei mit der Zeit wachsender Festigkeit luft- und wasserbeständig zu sein. Das Einheitsgewicht liegt meist unter 2,9; sein Wassergehalt, bezw. Glühverlust beträgt in der Regel 8 bis 10 Vomhundert.

118.
Verwendung.

Hydraulischer Kalk wird sowohl zu Hochbauten, wie zu Tiefbauten benutzt und gibt auch einen Beton, der sehr billig in der Herstellung ist, allerdings langsam erhärtet, schließlich aber eine Festigkeit annimmt, die für Gründungen in den gewöhnlichen Fällen vollständig ausreicht. Durch seine Eigenschaft, rasch trocknendes Mauerwerk bei bedeutend größerer Festigkeit, als solche in Luftkalk zu erzielen ist, unter Verminderung der Mauerstärken ohne Mehrkosten herzustellen, und durch die Bequemlichkeit, damit sehr frostbeständigen Putzmörtel gewinnen zu können, ist seine Anwendung in den genannten Ländern so allgemein, daß man die Vorteile derselben auch in Deutschland mehr würdigen sollte, als bisher geschah⁸⁷⁾. In Deutschland wird statt hydraulischen Kalkes meistens verlängerter Zementmörtel verwendet.

119.
Ausgiebigkeit.

Die Ausgiebigkeit des hydraulischen Kalkes hängt selbstverständlich mit der Menge Sand zusammen, die damit gemischt wird. Auch bei diesem bedingt der

⁸⁷⁾ Siehe auch: KUNTZE, R. Die hydraulischen Bindemittel Norddeutschlands. Centralbl. d. Bauverw. 1891, Nr. 51.

Verwendungszweck das Verhältnis. So braucht man bei Verwendung des schweren hydraulischen Kalkes von *A. Fleiner* in Aarau zu 1 cbm Mörtel

bei 1 Raumteil Kalk zu 2 Raumteilen Sand	460 kg	hydraulischen Kalk
„ 1 „ „ 3 „ „	340 „	„ „
„ 1 „ „ 4 „ „	275 „	„ „
„ 1 „ „ 5 „ „	210 „	„ „

Bezüglich der Erhärtungsvorgänge sei betont, daß der Widerstand gegen Wasser durch vorher begonnene Lufterhärtung unter Aufnahme von Kohlenäure begünstigt wird, daß aber das Fortschreiten der Erhärtung auch unter Abschluß der Kohlenäure dadurch stattfindet, daß kolloidale Kieselsäure und Tonerde den am Quellen teilweise verhinderten Kalk durch Flächenanziehung als mineralischer Leim verkitten und daß sich daraus allmählich kristallinische Verbindungen bilden. Dadurch sind auch die verhältnismäßig hohen Festigkeiten zu erklären, die hydraulischer Kalk erlangt.

Die Schweizerischen Normen für hydraulische Bindemittel schreiben in dieser Richtung vor: Hydraulischer Kalk, der eine Siebfeinheit besitzen soll, daß der Siebrückstand auf dem 900-Maschen Siebe nicht mehr als 20 Vomhundert beträgt, wird aus 1 Gewichtsteil Kalk mit 3 Gewichtsteilen Normaland und 12 Vomhundert Wasser von der Gesamtmischung normgemäß zu Zug- und Druckproben verarbeitet. Die Proben werden nach dreitägiger Lufterhärtung unter Wasser gebracht. Die Zug- und Druckfestigkeiten sollen nach einer Erhärtungszeit von zusammen 28 Tagen bei einem guten hydraulischen Kalk mindestens betragen:

	Zugfestigkeit	Druckfestigkeit
für leichten hydraulischen Kalk	6,0 kg für 1 qcm,	30,0 kg für 1 qcm,
für schweren hydraulischen Kalk	8,0 „ „ 1 „ „	50,0 „ „ 1 „ „

Man kann die Durchschnittsmörtelfestigkeit von gutem hydraulischem Kalk (mit 3 Teilen Sand), 72 Stunden in feuchter Luft, die übrige Zeit unter Wasser gelagert, annehmen:

	nach 7	28	365 Tagen:
für Zug	4 $\frac{1}{2}$	7	21 kg für 1 qcm,
für Druck . . .	25	48	135 „ „ 1 „ „

Insbesondere werden im französischen und Schweizer Jura hydraulische Kalke hergestellt, deren Zug- und Druckfestigkeit die Normenfestigkeiten von Portlandzement erreichen, nämlich bis 18 kg Zugfestigkeit und über 150 kg Druckfestigkeit. Der vorzüglichste hydraulische Kalk ist der *Chaux du Theil* mit 22,59 Vomhundert Kieselsäure, 2,63 Vomhundert Tonerde, 0,84 Vomhundert Eisenoxyd und 1,54 Vomhundert Magnesia. Seine Haltbarkeit in Seewasser ist eine großartige. Im allgemeinen jedoch ist die Druckfestigkeit nach 28 Tagen etwa halb so groß wie bei Portlandzement, steigt indes mit längerer Erhärtung bedeutend und beträgt nach 210 Tagen etwa so viel wie die 28-Tagefestigkeit von Portlandzement. Dadurch erhellt schon der große Vorteil der Verwendung von hydraulischem Kalk in Pulverform gegenüber dem norddeutschen Wasserkalk in Stücken. Bei den Versuchen in der kgl. Prüfungstation in Berlin zeigte sich für Wasserkalk von Lengerich, daß derselbe bei einer Mischung von 1 Raumteil hydraulischem Kalk zu 1 $\frac{1}{2}$ Raumteilen Normaland nach 28 Tagen für Wasserproben nur 3,11 kg Zug- und 13,93 kg Druckfestigkeit, für Luftproben 3,58 kg Zug- und 16,02 kg Druckfestigkeit ergab.

Der norddeutsche hydraulische Stückkalk stellt also ein wenig selbständiges Bindemittel dar und entspricht in seinen Festigkeitsverhältnissen mehr dem Luftkalkmörtel; dagegen wird er in Verbindung mit hydraulischen Zuschlägen, wie

Traß und granulierter Hohofenschlacke, zu einem wertvollen Bindemittel, wovon später die Rede sein wird. Auf seine Raumbeständigkeit prüft man den hydraulischen Kalk am zweckmäßigsten durch warme Bäder von 50 Grad C.; zeigen sich nach 6 bis 8 Stunden an den Probekuchen keinerlei Verkrümmungen, Netz- oder Kantenrille, so ist das Material frei vom schädlichen Treiben.

Wird hydraulischer Kalk statt Luftkalk zur Herstellung von Kunststeinen ähnlicher Art, wie im vorigen Artikel aufgeführt, verwendet, so wird die Güte derselben wesentlich verbessert.

e) Mörtel aus Magnesiaementen.

121.
Eigenschaften.

Der aus magnesiahaltigen Kalksteinen, den Dolomiten, gebrannte Zement wird meist zu den Romanzementen gerechnet, doch nicht ganz mit Recht. Der Bestandteil an Magnesia ist meist ein sehr hoher, bis 45 Vomhundert. Diese Zemente haben die Eigenschaft, in Gegenwart von kohlenurem Kalk unter Wasser zu erhärten. Das Brennen muß vorichtig und nur soweit geschehen, daß die Kohlenäure der Magnesia ausgetrieben wird; sonst bildet sich Ätzkalk, welcher keinerlei hydraulische Eigenschaften besitzt. Nur bei einem Rohmaterial, welches auch noch einen höheren Tongehalt besitzt, kann man beim Brennen über 400 Grad C. hinausgehen. Man kann aber auch, um diesen Hitzegrad nicht zu ängstlich einhalten zu müssen, nach *Michaëlis* dem fertigen Kalkpulver etwas aufgeschlossenes Silikat, z. B. in Gestalt von Ziegelmehl, beimischen. Magnesiaemente löschen sich nicht, sondern müssen zu Pulver gemahlen werden. Ihre Festigkeit liegt in der Mitte zwischen den hydraulischen Kalken und dem Romanzement.

f) Mörtel aus Romanzement.

122.
Eigenschaften.

Romanzement ist aus Mergeln von bestimmter Zusammenetzung unter der Sinterungstemperatur erbrannt, besitzt erdige Struktur und vorwiegend gelblich-graubraune Farbe. In Wasser löst er sich nicht und wird nur ohne vorherigen Wasserzuzatz als Pulver in Handel gebracht. Er ist dasjenige hydraulische Bindemittel, das einen raschen Verlauf des Abbindevorganges besitzt und daraus seine kennzeichnende Verwendungsart schöpft. Da der Abbindevorgang eben so rasch unter Wasser, wie an der Luft sich vollzieht, so eignet sich Romanzement in erster Linie zu Wasserbauten und ist überall dort allen anderen Bindemitteln vorzuziehen, wo es sich in erster Linie um Dichten von Wasserandrang und Trockenlegen, in zweiter Linie erst um Festigkeit handelt.

Romanzement bindet in der Regel rasch ab, meist schon in wenigen Minuten, und heißt dann rasch bindend (*Ciment Romain prompt*), oder er bindet halb langsam (*Ciment demi-lent*), d. h. nach mehr als 15 Minuten, unter meist nicht unbeträchtlicher Erwärmung während des Abbindens, seltener langsam ab (*Ciment lent*) und ist dann meist ein Gemenge mit gelintertem natürlichen Portlandzement. Mit dem Anfangen des Abbindens oder dem Erhärtungsbeginn beginnt die Temperaturerhöhung, und mit dem Aufhören der Temperaturerhöhung ist auch das Abbinden vollendet.

Nicht selten zeigen Romanzemente die Eigentümlichkeit des Nachlassens (*Relâchement*). Dieses tritt meist bei unrichtig gebranntem oder nicht homogenem Material in der Form ein, daß die Bindekraft nach anfänglich hoher Stufe einige Zeit — Minuten, Stunden, ja Tage — darauf abnimmt; auch die Zugfestigkeit geht merklich zurück, um nach einiger Zeit wieder aufzuliegen und dann regel-

recht nachzuhärten. Diese Eigentümlichkeit macht sich praktisch unliebsam bemerkbar bei Gußarbeiten aus Romazement, besonders bei Röhren. Normaler Romazement muß eine stets aufsteigende Erhärtung zeigen.

Eine weitere Eigentümlichkeit von Romazement muß bei der praktischen Verwendung unbedingt berücksichtigt werden, wenn die Vorteile dieses Bindemittels voll ausgenutzt werden sollen. Er muß so rasch verarbeitet werden, daß die Arbeit vollendet ist, der Mörtel an seiner Stelle sitzt, sobald das Abbinden eintritt. Nur dann wird die erreichbar größte Festigkeit im Anfange der Erhärtung erzielt, auf die es gerade hier meist ankommt. Die kräftige Anfangserhärtung hängt ebenso mit der Verwendung im aktiven Zustand zusammen wie beim *Loriot'schen* Mörtel. Da Romazement aus einem erdig lockeren, an Kieselsäure und Tonerde in amorphem Zustande reicheren Pulver besteht, so nimmt dieses schwammartig weit mehr Wasser auf, als zur Bildung eines Teiges wirklich nötig ist, ohne sich stark zu verflüssigen und das Wasser beim Abbinden abzustoßen. Nach dem Abbinden verdunstet entweder bei Lufterhärtung ein großer Teil des zugeetzten Wassers oder bleibt als Porenwasser zurück, in beiden Fällen ohne zur Festigkeit irgend etwas beizutragen, wohl aber um die Festigkeitsziffer im Einheitsquerschnitt sehr herabzudrücken. Tatsächlich läßt sich Romazement sowohl mit 35 Vomhundert Wasser, als noch mit 70 Vomhundert Wasser mischen, ohne daß das Abbinden verhindert und Wasser abgestoßen würde. Selbstredend ist aber auch die Festigkeit im zweiten Falle eine sehr geringe und dafür die Ausgiebigkeit eine beinahe doppelt so große. Bei keinem anderen Bindemittel springt die goldene Regel *Vicat's*: „der steifste Mörtel ist der beste“, so in die Augen wie beim Romazement. Und die so häufige Nichtbefolgung der Vorschrift, den Romazementmörtel aktiv zu vermauern, verschlechtert unfehlbar die Ergebnisse, weil sie zur weiteren Wasserzufuhr zwingt, um den gestehenden Mörtel nochmals knetbar zu machen. Häufig aber wird überhaupt dann der Verwendungszweck nicht mehr erfüllt; denn abgebundener Romazement verhält sich genau wie hydraulischer Kalk und bindet nur langsam ab, ohne wesentliche Erhärtung aufzuweisen, wenigstens in der ersten Zeit. Später erhärtet er stark nach, ebenso wie hydraulischer Kalk, besitzt aber in hohem Grade den Fehler der Schwindrigkeit. Aus allem geht hervor, daß Romazement sehr sorgfältig gelagert werden muß, weil er begierig Wasser und Kohlenäure aufnimmt.

Die Notwendigkeit, Romazementmörtel aktiv zu vermauern, bedingt auch die Art der Mörtelbereitung. Trockener Sand und Romazement werden vorerst innigst mittels Durchschaufern gemischt, und zwar stets in geringen Mengen; aus der Mischung wird ein runder Haufen auf undurchlässiger Unterlage gebildet, seine Mitte so ausgehöhlt, daß die nötige Wassermenge darin eben Platz hat, ohne über die Ränder des Haufens überzufließen, hierauf von allen Seiten rasch die Mischung nach der Mitte gekrückt und so rasch als möglich und so energisch als möglich durchgearbeitet. Da Romazement hauptsächlich zur Herstellung wasserdichten Mörtels Anwendung finden soll, wird die Mischung stets fett genommen, d. h. stets mindestens so viel Zement, als in Breiform die Zwischenräume des Sandes auszufüllen vermag, in der Regel 40 bis 45 Vomhundert Romazement auf 55 bis 60 Vomhundert Sand (nach Raumteilen). Zur Verarbeitung von 50 kg Romazement in 5 Minuten sind 3 Mann Bedienung nötig.

Bei Verarbeitung zu Falladenputz, zu Gefimsarbeiten usw. macht sich der Arbeiter am besten selbst im Mörtelkasten nur so große Mengen an, als er in höchstens 5 bis 10 Minuten verarbeiten kann.

Sandzulatz und niedrige Temperatur verlängern dabei die Abbindezeit um ein paar Minuten; dagegen befördern erhöhte Temperatur und ablaufende Unterlage sehr das Abbinden. Es ist daher streng geboten, poröse Mauern aus Backsteinen vorher gut anzunetzen, da sonst das Abflauen durch die porösen Steine ein plötzliches Zusammenziehen des Mörtels an der Berührungsfläche bewirkt, dadurch Erfarren und Verhinderung der Benetzung und damit der scheinbaren und sodann der wirklichen Adhäsion hervorruft. Hohle Stellen im Putz und Abfallen von ganzen Schalen, sowie hinterher eintretendes Eindringen von Porenwasser und die Gefahr des Abprengens durch spätere Frostwirkung sind die Folgen der Vernachlässigung genügender Benetzung.

Da wohl meistens der Romanzementputz entweder mit zu viel Wasserzulatz oder erst nach dem Erhärtungsbeginn verwendet wird und infolgedessen zwischen der Mauerfläche und der Putzoberfläche beim Trocknen und beim Fortschreiten der Erhärtung Spannungen eintreten, die zur Bildung von Haarrissen und netzartiger Zerklüftung der Oberfläche führen, so ist mit Sorgfalt in den ersten Tagen Zutritt unmittelbarer Befönnung und trocknenden Luftzuges so gut als möglich fernzuhalten. Dies geschieht durch häufiges Bespritzen der Flächen, am besten aber durch Vorhängen naß erhaltener Matten vor die fertige Fläche und bei Gemäsen durch Abdecken mit feuchtem Lehm. Bei Romanzement ist auch nicht selten das Gegenteil von Schwinden, das Treiben, zu beobachten, und er ist daher vor der Verwendung auf seine Raumbeständigkeit zu prüfen. Bei dieser Prüfung in einem Warmwasserbade von 70 bis 75 Grad C. soll er nach 6 Stunden keinerlei Verkrümmungen oder Netz- und Kantenrisse zeigen.

124.
Ausgiebigkeit.

Die Ausgiebigkeit von Romanzementmörtel hängt bei reinem Zementmörtel ohne Sand, wenn man vom losen gemessenen Rauminhalt ausgeht, vom Schwinden des Pulvers bis zur dichtesten Lagerung und gleichzeitig von der hierbei verwendeten Wassermenge ab, bei Sandmischungen jedoch, wenn es sich nicht um magere Mischungen handelt, nur vom Rauminhalt des losen Sandes, da bei fetten Mischungen sämtliche Zwischenräume des losen Sandes durch Bindemittel ausgefüllt sind.

Bei verschiedenem Wasserzulatz und verschiedenen Sanden kommt also das verschiedene Raumgewicht von Romanzement nicht zur Geltung, wie aus nachfolgender Tabelle erhellt.

1 hl Romanzement ergab:

Ver- such	Gewicht von 1 hl losem Zement	Ausbeute an Mörtel bei Zulatz von						
		Wasser				Sand zu Zement 3 : 1		
		0,30	0,40	0,60	0,80	a (fein)	b (gemischt)	c (grob)
A	80	0,61	0,73	0,91	1,10	3,00	2,95	2,90
B	85	0,62	0,75	0,92	1,10	2,95	3,00	2,90
C	90	0,64	0,76	0,92	1,11	2,95	3,00	2,90
	Kilogramm	Hektoliter				Hektoliter		

125.
Fertigkeit.

Die Romanzemente stehen bezüglich ihrer Fertigkeitsverhältnisse in der Mitte zwischen hydraulischem Kalk und Portlandzement. In Österreich und in der Schweiz bestehen hierfür einheitliche Bestimmungen für Lieferung und Prüfung, die größtenteils miteinander übereinstimmen, nur in Bezug auf die Höhe der Anforderungen und den Begriff der Bindezeit voneinander abweichen.

Romanzement unterscheidet sich kennzeichnend vom hydraulischen Kalk durch den Mangel oder doch nur durch einen Mindestgehalt von Hydratwasser, der

5 Vomhundert nie überfteigen foll; ferner durch den bezeichneten Augenblick des Erhärtungsbeginnes. Von Portlandzement unterfcheidet ihn außer dem erdigkörnigen Gefüge noch das geringere Einheitsgewicht, das faft ftets unter 3,0 liegt.

Normaler Romanzement foll fo fein gemahlen fein, daß er auf dem 900-Mafchenfiebe höchften 20 Vomhundert Rückftand hinterläßt. Beim Anfertigen von Probekörpern wird rafch bindender Romanzement vom Augenblicke der Wafferzugabe an 1 Minute hindurch bearbeitet; halb langfam bindender foll 3 Minuten durchgearbeitet werden. Die Probekörper auf Zug und Druck follen Stück für Stück, nicht mehrere auf einmal, gemifcht und verarbeitet werden. Die Schweiz fchreibt als Wafferzulatz bei Zugproben mit 3 Teilen Normalfand 13 Vomhundert vom Trockengewicht der Mifchung und bei Druckproben 12 Vomhundert für rafch bindenden Romanzement vor, Öfterreich bei Zug- und Druckproben 12 Vomhundert für rafch und langfam bindenden; die Schweiz fordert für langfam bindenden Romanzement bei Zugproben 11 Vomhundert und bei Druckproben 9 Vomhundert Waffer.

Die Schweiz beftimmt als ausfchlaggebende Probe die Druckfestigkeit einer Mifchung von 1 Gewichtsteil Zement zu 3 Gewichtsteilen Normalland nach 28 Tagen Waffererhärtung und fordert hierfür mindeltens 80^{kg} für 1^{qcm}. Die gewöhnliche Güteprobe ift die Zerreißprobe bei Mifchung 1:3 nach 28 Tagen. Die Schweiz fordert hierbei für Rafch- und Langfambinder 10^{kg} Zugfestigkeit für 1^{qcm}, Öfterreich für Rafchbinder 4^{kg} und für Langfambinder 6^{kg} für 1^{qcm}.

Zu Nachprüfungen wird übereinstimmend noch die 7-Tageprobe empfohlen. Öfterreich verlangt hierbei an Zugfestigkeit 1,5^{kg} für Rafchbinder und 3^{kg} für Langfambinder. In der Schweiz find hierüber keine Vorfchriften gegeben; die Veruche der eidg. Festigkeitsanftalt in Zürich ergaben hierfür zwischen 2 und 14^{kg}, im Mittel 7^{kg} Zugfestigkeit und zwischen 57,8 und 76,7^{kg}, im Mittel 64,2^{kg} Druckfestigkeit. Reiner Zement ohne Sand, wie er häufig zu Gußornamenten verwendet wird, gibt für Schweizer Romanzemente nach 7 Tagen im Durchschnitt 15,5^{kg} (Mindeftwert 10,5, GrößtWert 20,1) Zugfestigkeit, nach 28 Tagen 18,8^{kg} (Mindeftwert 8,9, GrößtWert 23,4) Zugfestigkeit; ferner an Druckfestigkeit nach 7 Tagen 96,7^{kg} (Mindeftwert 80,6, GrößtWert 128,5), nach 28 Tagen 147,1^{kg} (Mindeftwert 125,6, GrößtWert 166,2) für 1^{qcm}. Durchschnittlich find für einen Mörtel mit einer Mifchung von 1:3 die Durchschnittsfestigkeiten anzunehmen:

	nach 7	28	365 Tagen	
für Zug	10	15	25 ^{kg}	für 1 ^{qcm} ,
für Druck . . .	75	120	225	„ „ 1 „ .

Gußarbeiten aus Romanzement werden mit Vorteil aus rafch bindendem Romanzement hergestellt, und zwar insbesondere zu Gußornamenten für Falladen in Leimformen, die hierbei fehr günstig ausgenutzt werden können und fehr billige Herftellung geftatten. Dabei ift aber das oben Gefagte über möglichft befchränkten Wafferzulatz und rafches Verarbeiten nicht außer acht zu laffen. Als Schutzmittel gegen Kantenbruch, zur Verminderung der Porofität und als beftes Mittel gegen das „Nachlaffen“ hat fich hierbei die Anwendung der *Kefler*'fchen Fluafate bewährt.

In der Schweiz, in Frankreich und in Italien wird viel Romanzement zur Herftellung von Wafferleitungsröhren verwendet. Dabei darf im Hinblick auf die nicht zu vermeidenden Erfchütterungen eine Mindestwandftärke von 5^{cm} nicht unterfchritten werden; die Modelle follen ftets ftehend angewendet werden, um

möglichst steifen Brei verwenden zu können. Das Mischungsverhältnis von Zement, Sand und Kies ist hierbei nicht höher als 1 Raumteil Zement, 2 Raumteile Sand und 3 bis 4 Raumteile Kies von 2 bis 3^{cm} Korngröße. Die gebräuchlichsten Lichtweiten sind hierbei

6, 9, 12, 15, 18, 24, 30, 45, 60 Centimeter.

128.
Kunststeine.

Kunststeine werden meist in Holzmodellen unter verringertem Wasser- und vermehrtem Sandzusatz gestampft und erhalten mit Vorteil zur Regelung der Bindezeit und zur Erhöhung der Festigkeit einen Zusatz von 20 bis 25 Vomhundert Portlandzement von der verwendeten Gewichtsmenge Romanzement.

g) Mörtel aus Portlandzement.

129.
Kenn-
zeichnende
Eigenschaften.

Mit dem Portlandzement beginnen die künstlichen hydraulischen Zemente. Portlandzement ist, nach der Begriffserklärung des Vereins deutscher Portlandzementfabrikanten, ein Erzeugnis, entstanden durch innige Mischung von kalk- und tonhaltigen Stoffen als wesentlichen Bestandteilen, darauffolgendes Brennen bis zu Sinterung und Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit.

Portlandzement gibt unter allen hydraulischen Bindemitteln wegen der gefinterten, halbglastigen Beschaffenheit und wegen des flachsplittigen Gefüges seiner Teilchen, die unter engster Lagerung bei Wasserzusatz das geringste Aufquellen und damit die günstigsten Bedingungen für Erhärtung geben, das kräftigste Verkittungsmittel und damit die größte Selbstfestigkeit an sich, als auch die größte Sandfestigkeit. Je feiner die Mahlung, desto größer wird dabei die Anzahl der Verkittungsflächen und damit die Verkittungskraft. Wo es sich um möglichst hohe Anfangsfestigkeit, Frostfestigkeit in der ersten Zeit der Erhärtung oder Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung zu allen Konstruktionen unter Wasser, als auch an der Luft handelt, ist Mörtel aus Portlandzement zu verwenden.

Bei Wasserbauten ist, wo immer möglich, dafür zu sorgen, daß der Portlandzement abgebunden hat, bevor derselbe der Einwirkung des Wassers ausgesetzt wird. Auch hier offenbart sich die Wirkung des *Stefan'schen* Gesetzes, und zwar in der Weise, daß das blättrige Gefüge des dichten Pulvers durch die Feinheit des (spezifisch schwersten Bindemittels im Wasser das Aufschlänmen und Schwimmen befördert und, da das Aufquellen nur oberflächlich langsam erfolgt, das Eintreten der Flächenanziehung verhindert, bzw. verzögert wird. In ruhigem Wasser dagegen bewirken gerade das hohe Eigengewicht und das blättrige Gefüge dichtere Aneinanderlagerung und damit Eintreten des Erhärtungsbegriffes. Damit hängt auch eine wertvolle Eigenschaft des Portlandzement-Mörtels zusammen, nämlich das Ausstoßen überschüssigen Wassers beim Erhärtungsbeginn, so daß auch dünnflüssiger Mörtel dichte Lagerung annimmt und die Festigkeit durch vermehrten Wasserzusatz nur unerheblich geschwächt wird, jedenfalls in viel geringeren Grade als bei anderen Bindemitteln.

130.
Gefüge
und
Farbe.

Selbst sehr fein gemahlener Portlandzement ist ein scharfes Pulver, welches aus mikroskopisch feinen, unregelmäßigen, splittigen und scharfkantigen Plättchen und Körnchen besteht. Die Farbe wechselt von lichtgrau bis schwarzgrün; unter dem Mikroskop unterscheidet man jedoch in der Hauptfläche weiße Körnchen (Verbindungen von Kalksilikat und Aluminat), die verdeckt wird durch schwarzbraunen Eisenoxydkalk, grünliche Manganate und gelbrot oder grün gefärbte Schwefelverbindungen.

Je feiner die Mahlung des Zements ist, um so leichter, schneller und kräftiger wird das Wasser auf die einzelnen Körnchen einwirken und um so inniger wird ihre Anlagerung an die Sandkörnchen und desto dichter die Ausfüllung der Lücken zwischen ihnen stattfinden und eine um so erhöhte Festigkeit des Mörtels erreicht werden. In Deutschland bestimmt man die Feinheit der Mahlung durch zwei Siebe von 900 und 4900 Maschen auf 1^{cm} (in Frankreich richtiger von 500), von denen man sich des ersteren, weil veraltet, überhaupt nicht mehr bedienen sollte.

131.
Feinheit
der
Mahlung.

Das Einheitsgewicht des scharfgefeinterten Portlandzements beträgt in der Regel mehr als 3,1; sein Glühverlust ist meist geringer als 2 Vomhundert. Steigt der Glühverlust bis 5 Vomhundert, so ist der Zement entweder mit Wasser vor dem Vermahlen abgespritzt oder zu lange Zeit gelagert oder zu schwach gebrannt. Dann beträgt auch das Einheitsgewicht weniger als 3,1. Mit der dichten Struktur und bloß oberflächlichen Quellung bei der Wasseraufnahme hängt auch die weit geringere Menge Anmachewasser zusammen, welcher der Portlandzement bedarf und die er verträgt, um einen Mörtel von normaler Dickflüssigkeit zu geben.

132.
Einheitsgewicht.

Dadurch ist die Natur des Portlandzements und sein Vorrang vor den übrigen hydraulischen Bindemitteln deutlich gekennzeichnet. Wenn auch Portlandzemente unter sich, je nach Schärfe des Brandes, Beschaffenheit des Einzelgefüges der Klinker, vorherigem Wassergehalt, Ablagerungszeit und Temperaturunterschieden untereinander abweichende Wassermengen zur Erzielung der normalen Dickflüssigkeit erfordern, so ist der Wasserbedarf doch immer wesentlich geringer als bei natürlichen hydraulischen Bindemitteln und beträgt nach *Tetmajer*:

133.
Wasserbedarf.

bei Portlandzement	zwischen 22 und 28 Vomhundert
„ Romanzement	„ 32 „ 48 „
„ hydraulischem Kalk	„ 30 „ 50 „

Zur Erzielung der normalen Dickflüssigkeit für die Normenprüfungen braucht man beim normengemäßen Mischungsverhältnis 1:3 (in Gewichtseinheiten der gemischten Trockenmasse) an Wasser:

	für Zug	für Druck
bei Portlandzement	8 bis 10 Vomhundert,	8 bis 9 Vomhundert
„ Romanzement etwa	13 „	12 „
„ hydraulischem Kalk	12 „	10 „

Portlandzement ist in der Regel langsam bindend. Nach dem Vorgange der schweizer Normen wird Langsambinder ein Zement genannt, dessen Erhärtungsbeginn, d. h. der Augenblick, wo die Normalnadel einen Kuchen von 4^{cm} Höhe nicht mehr ganz durchdringt, über 30 Minuten hinausfällt. Die deutschen Normen hingegen benennen einen Zement langsambindend, wenn er in 2 Stunden oder länger abbindet, d. h. sobald er einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht. Genau wird dagegen die Bindezeit ebenfalls mittels der Normalnadel bestimmt. Die Zeit, welche vom Augenblicke des Wasserzusatzes an verfließt, bis die Normalnadel auf dem erstarrten Kuchen keinen merklichen Eindruck mehr hervorbringt, heißt die Bindezeit.

134.
Abbinden
und
Erhärten.

Auch für Portlandzement gilt das vom Romanzement Gesagte, daß derselbe vor Eintritt des Erhärtungsbeginnes verarbeitet sein muß. Deshalb und weil auf den Erhärtungsbeginn noch andere Ursachen bestimmend einwirken als die Beschaffenheit des Zements selbst, ist für die Technik der Erhärtungsbeginn das wichtigste. Die Temperatur der Luft und des Wassers ist von wesentlichem Ein-

fluß auf den Erhärtungsbeginn (kaltes Wasser wirkt verlangsamend), ebenso die Wassermenge, insofern als steifer Zement rascher abbindet als flüchtiger. Auch die chemische Zusammenfassung der Portlandzemente wirkt dabei mit; kiesel säure-reiche binden langsamer, tonerereiche schneller ab: zusammen mit schwächerem Brande ergibt das den künstlichen Raschbinder; stärkeres Sintern bewirkt meist auch langsames Abbinden. Ferner beeinflussen viele Stoffe, die dem Zement oder Anmachewasser zugefetzt werden, den Erhärtungsbeginn in erheblicher Weise. Die Alkalien (Kali, Natron, kohlen saures Natron) machen den Zement rasch bindend; Gips und andere Schwefel saure Salze, sowie Chlorcalcium und Chlormagnesium verzögern wesentlich den Erhärtungsbeginn, woraus sich die bekanntlich verlangsamende Wirkung von Meerwasser erklärt. In gleicher Weise wirken übrigens diese Kräfte und Stoffe auch auf die übrigen hydraulischen Bindemittel.

Um einen schnellbindenden Zement in langsamer bindenden zu verwandeln, benutzt man hartes Wasser und Gips. Man benetzt den aus dem Ofen kommenden Zementklinker mit etwa 1 Vomhundert Wasser und setzt der Mahlung dann noch bis 2 Vomhundert Gipspulver zu⁸⁸⁾. Auch die Mahlfineinheit spricht mit, indem feingemahlener Zement schneller abbindet als grobgemahlener. Endlich kann die Lagerung des Zements auf das Abbinden von Einfluß sein, meistens insofern, als sich eine Verlangsamung des Abbindens dadurch geltend macht. Aber auch das Gegenteil ist schon bei einigen Zementen beobachtet worden, indem neben einer sehr kräftigen Beschleunigung des Abbindens auch eine merkliche Herabsetzung der Festigkeit einherging. Später trat dann wieder Verlangsamung des Abbindens, jedoch ohne Zunahme der Festigkeit ein.

Portlandzement erhärtet vom Augenblicke des Abbindens an am raschesten unter sämtlichen hydraulischen Bindemitteln, manche rasch bindende Romanzemente ausgenommen, und zwar sowohl unter Wasser, als auch an der Luft. Dabei ist jedenfalls die kolloidale Wirkung der oberflächlich quellenden, bis zu beginnender Verbindung der Bestandteile gelinterten und aufgeschlossenen Kiesel säure und Tonerde das Ausschlaggebende, während die chemische Bindung von Wasser auch nach längerer Erhärtung eine beschränkte ist und daher wieder gepulverter erhärteter Zement von neuem, wenn auch nicht mehr so kräftig, erhärtet. An der Luft wirkt auch die Kohlen säure wesentlich erhärtend durch Umwandlung des gebildeten Kalkhydrats in kohlen sauren Kalk. Auf die chemischen Ansichten über die Erhärtung von Portlandzement einzugehen sei hier verzichtet, weil es deren fast so viele gibt, als Autoren sich darüber geäußert haben.

Mit zunehmender Erhärtung wächst sowohl die Zug-, wie die Druckfestigkeit, wenn nicht ungünstige Einflüsse, namentlich wasserentziehende Ursachen, entgegenwirken. Deshalb ist es eine wichtige technische Regel, daß sowohl die Mauerflächen, welche Portlandzement bedecken, als die Körper, die er umhüllend verbinden soll, namentlich poröse Ziegel oder Sandstein, mit wassergefüllten Poren damit in Berührung kommen und daß Zementarbeiten in der ersten Zeit der Erhärtung vor raschem Austrocknen zu schützen sind, wie bereits beim Romanzement hervorgehoben wurde. Die Energie der Erhärtung ist schon in den ersten Tagen sehr groß und deshalb die Festigkeit bei manchen besonders feingemahlenden, scharf gebrannten Portlandzementen bereits nach 3 Tagen so bedeutend, wie bei anderen nach 30 Tagen; aber umgekehrt kann auffallend große Anfangsenergie auch im

135.
Qualitäts-
Maßstab.

⁸⁸⁾ Über Gips im Portlandzement siehe: Baumaterialienkde. 1899, S. 123.

Laufe der Weitererhärtung gegenüber nachhaltig forterhärtenden Zementen zurückbleiben, ja fogar sich wieder abmindern. Deshalb hat man sich geeinigt, nicht die Festigkeit nach kürzelter Zeit als Gütemaßstab anzunehmen, sondern diejenige nach 28-tägiger Erhärtungsfrist, wenn auch, der Aufsicht bei laufenden Lieferungen halber, die Proben nach 7 Tagen und neueltens nach 3 Tagen auf Festigkeit geprüft werden.

Die deutlichen Normen haben entsprechend den Fortschritten der Prüfungstechnik mehrfache Veränderungen, bezw. Verschärfungen der Anforderungen erfahren und sind augenblicklich auf dem Wege, auf Grund der oben angeführten Konferenzbeschlüsse wesentlich verbessert zu werden. Daher seien hier nur kurz die Anforderungen der jetzigen deutlichen Normen angeführt, in soweit sie sich auf die Festigkeit beziehen.

136.
Deutsche
Normen.

Allgemeines.

Die Bindekraft von Portlandzement soll durch Prüfung einer Mischung von Zement und Sand ermittelt werden. Die Prüfung soll auf Zug- und Druckfestigkeit nach einheitlicher Methode geschehen, und zwar mittels Probekörper von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitt und mit gleichen Apparaten. Daneben empfiehlt es sich, auch die Festigkeit des reinen Zements festzustellen.

Die Zerreißungsproben sind an Probekörpern von 5 qcm Querschnitt der Bruchfläche, die Druckproben an Würfeln von 50 qcm Fläche vorzunehmen.

Begründung.

Da man erfahrungsgemäß aus den mit Zement ohne Sandzusatz gewonnenen Festigkeitsergebnissen nicht einheitlich auf die Binefähigkeit zu Sand schließen kann, namentlich wenn es sich um Vergleich von Portlandzementen aus verschiedenen Fabriken handelt, so ist es geboten, die Prüfung von Portlandzement auf Bindekraft mittels Sandzusatz vorzunehmen.

Die Prüfung des Zements ohne Sandzusatz empfiehlt sich namentlich dann, wenn es sich um den Vergleich von Portlandzementen mit gemischten Zementen und anderen hydraulischen Bindemitteln handelt, weil durch die Selbstfestigkeit die höhere Güte, bezw. die besonderen Eigenschaften des Portlandzements, welche den übrigen hydraulischen Bindemitteln abgehen, besser zum Ausdruck gelangen als durch die Probe mit Sand.

Obleich das Verhältnis der Druckfestigkeit zur Zugfestigkeit bei den hydraulischen Bindemitteln ein verschiedenes ist, so wird doch vielfach nur die Zugfestigkeit als Wertmesser für verschiedene hydraulische Bindemittel benutzt. Dies führt jedoch zu einer unrichtigen Beurteilung der letzteren. Da ferner die Mörtel in der Praxis in erster Linie auf Druckfestigkeit in Anspruch genommen werden, so kann die maßgebende Festigkeitsprobe nur die Druckprobe sein.

Um die erforderliche Einheitlichkeit bei den Prüfungen zu wahren, wird empfohlen, derartige Apparate und Geräte zu benutzen, wie sie bei der Königlichen Prüfungsstation Charlottenburg-Berlin in Gebrauch sind.

Zug- und Druckfestigkeit.

Langsambindender Portlandzement soll bei der Probe mit 3 Gewichtsteilen Normaland auf 1 Gewichtsteil Zement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser — eine Mindest-Zugfestigkeit von 16 kg für 1 qcm haben. Die Druckfestigkeit soll mindestens 160 kg für 1 qcm betragen.

Bei schnellbindenden Portlandzementen ist die Festigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen eine geringere als die oben angegebene. Es soll deshalb bei Nennung von Festigkeitszahlen stets auch die Bindezeit angeführt werden.

Begründung und Erläuterungen.

Da verschiedene Zemente hinsichtlich ihrer Bindekraft zu Sand, worauf es bei ihrer Verwendung vorzugsweise ankommt, sich sehr verschieden verhalten können, so ist insbesondere beim Vergleich mehrerer Zemente eine Prüfung mit hohem Sandzusatz unbedingt erforderlich. Als geeignetes Verhältnis wird angenommen: 3 Gewichtsteile Sand auf 1 Gewichtsteil Zement, da mit 3 Teilen Sand der Grad der Binefähigkeit bei verschiedenen Zementen in hinreichendem Maße zum Ausdruck gelangt.

Zement, welcher eine höhere Zugfestigkeit, bzw. Druckfestigkeit zeigt, gestattet in vielen Fällen einen größeren Sandzusatz und hat, aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, sowie oft schon wegen seiner größeren Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Die maßgebende Festigkeitsprobe ist die Druckprobe nach 28 Tagen, weil in kürzerer Zeit, beim Vergleich verschiedener Zemente, die Bindekraft nicht genügend zu erkennen ist. So können z. B. die Festigkeitsergebnisse verschiedener Zemente bei der 28-Tageprobe einander gleich sein, während sich bei einer Prüfung nach 7 Tagen noch wesentliche Unterschiede zeigen.

Als Prüfungsprobe für die abgelieferte Ware dient die Zugprobe nach 28 Tagen. Will man jedoch die Prüfung schon nach 7 Tagen vornehmen, so kann dies durch eine Vorprobe geschehen, wenn man das Verhältnis der Zugfestigkeit nach 7 Tagen zur 28-Tagefestigkeit an dem betreffenden Zement ermittelt hat. Auch kann diese Vorprobe mit reinem Zement ausgeführt werden, wenn man das Verhältnis der Festigkeit des reinen Zements zur 28-Tagefestigkeit bei 3 Teilen Sand festgestellt hat.

Es empfiehlt sich, überall da, wo dies zu ermöglichen ist, die Festigkeitsproben an zu diesem Zwecke vorrätig angefertigten Probekörpern auf längere Zeit auszudehnen, um das Verhalten verschiedener Zemente auch bei längerer Erhärtungsdauer kennen zu lernen.

Um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, muß überall Sand von gleicher Korngröße und gleicher Beschaffenheit benutzt werden. Dieser Normalsand wird dadurch gewonnen, daß man möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen für 1^{cm} siebt, dadurch die größten Teile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen für 1^{cm} noch die feinsten Teile entfernt. Die Drahtstärke der Siebe soll 0,38, bzw. 0,32^{mm} betragen.

Da nicht alle Quarzsande bei der gleichen Behandlungsweise die gleiche Festigkeit ergeben, so hat man sich zu überzeugen, ob der zur Verfügung stehende Normalsand mit dem unter der Prüfung des Vorstandes des Deutschen Zementfabrikanten-Vereins gelieferten Normalsand, welcher auch von der Königlichen Prüfungsstation in Charlottenburg-Berlin benutzt wird, übereinstimmende Festigkeitsergebnisse gibt.

Beschreibung der Proben zur Ermittlung der Zug- und Druckfestigkeit.

Da es darauf ankommt, daß bei Prüfung deselben Zements an verschiedenen Orten übereinstimmende Ergebnisse erzielt werden, so ist auf die genaue Einhaltung der im nachstehenden gegebenen Regeln ganz besonders zu achten.

Zur Erzielung richtiger Durchschnittszahlen sind für jede Prüfung mindestens 10 Probekörper anzufertigen.

Anfertigung von Zementlandproben.

Zugproben.

Die Zugprobekörper können entweder durch Handarbeit oder durch maschinelle Vorrichtungen hergestellt werden.

1) Handarbeit. Man legt auf eine zur Anfertigung der Proben dienende Metall- oder starke Glasplatte 5 mit Wasser getränkte Blättchen Fließpapier und setzt auf diese 5 mit Wasser angeetzte Formen. Man wiegt 250 g Zement und 750 g trockenen Normalsand ab und mischt beides in einer Schüssel gut durcheinander. Hierauf bringt man 100^{ccm} = 100 g reines süßes Wasser hinzu und arbeitet die ganze Masse 5 Minuten lang tüchtig durch. Mit dem so erhaltenen Mörtel werden die Formen unter Eindrücken auf einmal so hoch angefüllt, daß sie stark gewölbt voll werden. Man schlägt nun mittels eines eisernen Spatels von 5 auf 8^{cm} Fläche, 35^{cm} Länge und im Gewicht von etwa 250 g den überstehenden Mörtel anfangs schwach und von der Seite her, dann immer stärker so lange in die Formen ein, bis derselbe elastisch wird und an seiner Oberfläche sich Wasser zeigt. Ein bis zu diesem Zeitpunkt fortgesetztes Einschlagen von etwa 1 Minute für jede Form ist unbedingt erforderlich. Ein nachträgliches Aufbringen und Einschlagen von Mörtel ist nicht statthaft, weil die Probekörper aus demselben Zement an verschiedenen Versuchsstellen gleiche Dichten erhalten sollen. — Man streicht nun das die Form überragende mit einem Messer ab und glättet mit demselben die Oberfläche. Man löst die Form vorsichtig ab und setzt die Probekörper in einen mit Zink ausgeflogenen Kasten, der mit einem Deckel zu bedecken ist, um ungleichmäßiges Austrocknen der Proben bei verschiedenen Wärmegraden zu verhindern. 24 Stunden nach der Anfertigung werden die Probekörper unter Wasser gebracht und man hat nur darauf zu achten, daß dieselben während der ganzen Erhärtungsdauer vom Wasser bedeckt bleiben.

2) Maschinenmäßige Anfertigung. Nachdem die mit dem Füllkasten verfehene Form auf der Unterlagsplatte durch die beiden Stellchrauben festgeschraubt ist, werden für jede Probe 180 g des wie in 1 hergestellten Mörtels in die Form gebracht und wird der eiserne Formkern eingesetzt. Man gibt nun mittels des Schlagapparates von Dr. *Böhme* (Fig. 24) mit dem Hammer von 2 kg 150 Schläge auf den Kern.

Nach Entfernung des Füllkastens und des Kerns wird der Probekörper abgefrichen und ge-
glättet, samt der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im übrigen behandelt wie unter 1.

Bei genauer Einhaltung der angegebenen Vorschriften geben Handarbeit und maschinenmäßige Anfertigung gut übereinstimmende Ergebnisse. In streitigen Fällen ist jedoch die maschinenmäßige Anfertigung die maßgebende.

Druckproben.

Um bei Druckproben an verschiedenen Versuchsstellen zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, ist maschinenmäßige Anfertigung erforderlich.

Man wiegt 400 g Zement und 1200 g trockenen Normaland ab, mischt beides in einer Schüssel gut durcheinander, bringt 160 ccm = 160 g Wasser hinzu und arbeitet den Mörtel 5 Minuten lang tüchtig durch. Von diesem Mörtel füllt man 860 g in die mit Füllkasten verfehene und auf die Unterlagsplatte aufgeschraubte Würfelform. Man setzt den eisernen Kern in die Form ein und gibt auf denselben mittels des Schlagapparates von Dr. *Böhme* mit dem Hammer von 2 kg 150 Schläge.

Nach Entfernung des Füllkastens und des Kernes wird der Probekörper abgefrichen und ge-
glättet, mit der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im übrigen behandelt wie unter 1.

Anfertigung der Proben aus reinem Zement.

Man ölt die Formen auf der Innenseite etwas ein und setzt dieselben auf eine Metall- oder Glasplatte (ohne Fließpapier unterzulegen). Man wiegt nun 1000 g Zement ab, bringt 200 g = 200 ccm Wasser hinzu und arbeitet die Masse (am besten mit einem Pistill) 5 Minuten lang durch, füllt die Formen stark gewölbt voll und verfährt wie unter 1. Die Formen kann man jedoch erst dann ablösen, wenn der Zement genügend erhärtet ist.

Da beim Einschlagen des reinen Zements Probekörper von gleicher Festigkeit erzielt werden sollen, so ist bei sehr feinem oder bei raschbindendem Zement der Wasserzusatz entsprechend zu erhöhen.

Der angewandte Wasserzusatz ist bei Nennung der Festigkeitszahlen stets anzugeben.

Behandlung der Proben bei der Prüfung.

Alle Proben werden sofort bei der Entnahme aus dem Wasser geprüft. Da die Zerreißdauer von Einfluß auf das Resultat ist, so soll bei der Prüfung auf Zug die Zunahme der Belastung während des Zerreißens 100 g in der Sekunde betragen. Das Mittel aus den 10 Zugproben soll als die maßgebende Zugfestigkeit gelten.

Bei der Prüfung der Druckproben soll, um einheitliche Ergebnisse zu wahren, der Druck stets auf zwei Seitenflächen der Würfel ausgeübt werden, nicht aber auf die Bodenflächen und die bearbeitete obere Fläche. Das Mittel aus den 10 Proben soll als die maßgebende Druckfestigkeit gelten⁸⁹⁾.

Als Normalapparat zur Bestimmung der Zugfestigkeit gilt allgemein der von *Michaëlis*, der, wie alle zur Normenprüfung gehörigen Apparate, vom Laboratorium der Tonindustrie-Zeitung in Berlin zu beziehen ist. Fig. 23 gibt ohne weiteres seine Wirkungsweise zu erkennen.

Zum maschinellen Anfertigen der Probekörper hat der „Verein deutscher Portlandzement-Fabrikanten“ den Hammerapparat von Dr. *Böhme* vorgeschrieben; derselbe ist in Fig. 24 abgebildet.

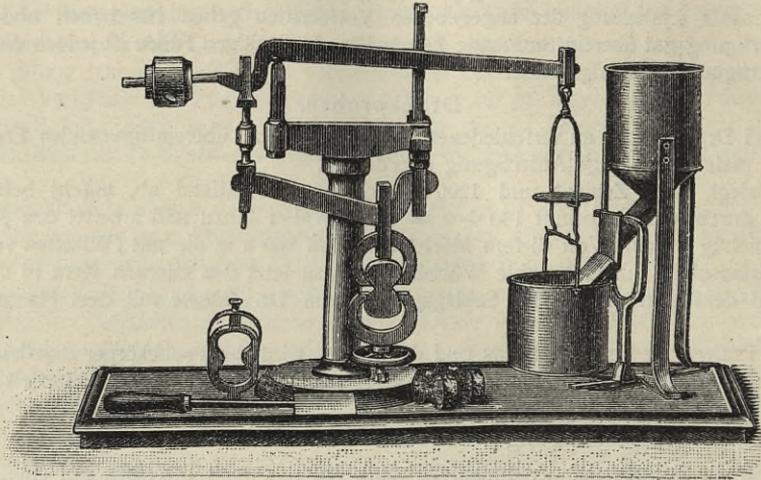
Die Konferenzbeschlüsse ziehen aber dieser Schwanzhammer-Konstruktion eine Fallhammer-Konstruktion vor, da mit derselben die Rammarbeit ziffermäßig ausdrückbar ist. *Nagel & Kaemp* in Hamburg und *Klebe* in München haben solche Rammvorrichtungen konstruiert.

137.
Prüfungs-
vorrichtungen.

⁸⁹⁾ Siehe auch: Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement. Runderlaß vom 28. VII. 1887, 23. IV. 1897 u. 19. II. 1902. Berlin 1902.

Zur Bestimmung der Druckfestigkeit dienen entweder hydraulische Pressen oder in neuerer Zeit der nach den Angaben *Tetmajer's* von *Amsler-Laffon* in Schaffhausen konstruierte schweizerische Normalapparat.

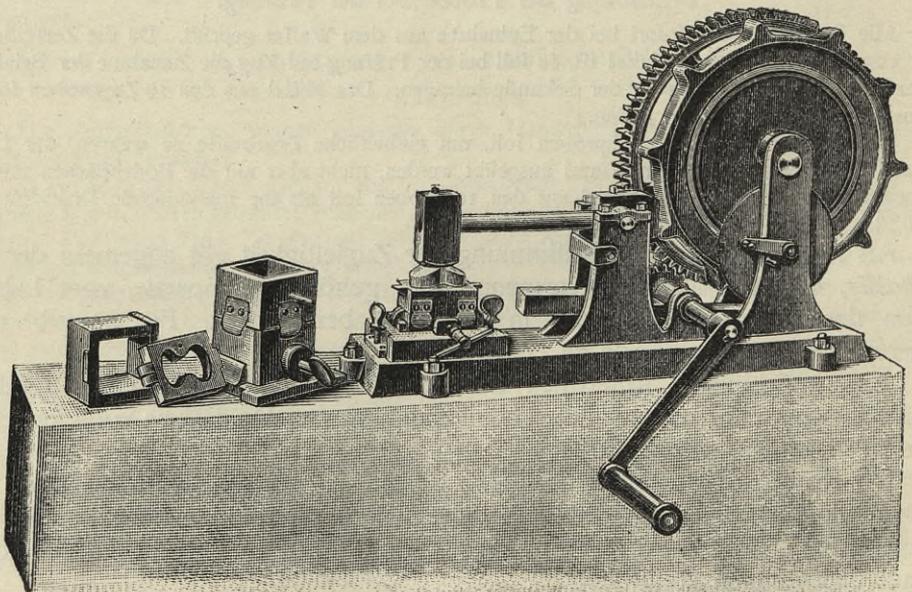
Fig. 23.

Zugfestigkeitsapparat von *Michaëlis*.

138.
Zunahme
der
Festigkeit.

Außer den vorgeschriebenen Mindestfestigkeiten gibt bei der 3-Tageprobe Portlandzement von normaler Beschaffenheit 1:3 bei Wassererhärtung etwa 10^{kg}, nach 7 Tagen schon 13 bis 15^{kg}; die 28-Tageprobe ergab zur Kennzeichnung der

Fig. 24.

*Böhme's* Hammerapparat.

Güte deutschen Portlandzements in der Königl. Prüfungsanstalt für Baumaterialien zu Berlin ⁹⁰⁾, daß in den Jahren 1891—92 57 Vomhundert der untersuchten Zemente eine Zugfestigkeit von 20 ^{kg} und darüber hatten. Bis zu einem Jahre Erhärtung steigt in der Regel noch die Festigkeit und erreicht dann etwa das 1½-fache der Normenprobe nach 28 Tagen. Indes ist nicht zu vergessen, daß auch andere Bindemittel nach Jahresfrist so stark nachhärten, daß sie hierin dem Portlandzement nahe kommen.

Noch auffallender als die große Zug- und Druckfestigkeit ist die hohe Außenhärte und damit Abnutzungs- oder Verschleißfestigkeit, die Portlandzement-Mörtel erlangt. Dabei verhält sich nach den Versuchen von *Böhme* ⁹¹⁾ reiner Zementmörtel ohne Sandzusatz ungünstiger als Zementmörtel mit Sand im Verhältnis 1:1 und 1:2, und auf der *Bauschinger*'schen Schleifscheibe ist die Abnutzung für normale Tourenzahl bei Zementmörtel 1:3 (schon nach 7 Tagen Wassererhärtung nur 1,88 ^{cbcm}), also weniger wie bei Granit.

Alle vorgeführten vortrefflichen Eigenschaften des Portlandzements würden aber ohne Wert für die Praxis sein, wenn derselbe nicht gleichzeitig wenigstens bis zu einem gewissen Grade raumbeständig wäre. Und gerade hier liegt bei Portlandzement die Gefahr. Deshalb hat man seit langer Zeit nach Mitteln gesucht, um in kürzester Zeit hierüber urteilen zu können. Bis jetzt ist eine Einigung über die sog. beschleunigten Raumbeständigkeitsproben noch nicht erzielt; namentlich findet die Kochprobe immer noch Gegner (siehe Art. 108, S. 158). In den deutschen Normen ist nur die Wasserkuchenprobe vorgeschrieben.

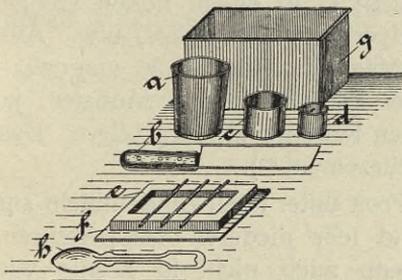
Für Untersuchungen des Zements von Abnehmern ist die in Fig. 25 ⁹²⁾ dargestellte kleine Vorrichtung empfehlenswert, die für billigen Preis vom Chemischen Laboratorium für Tonindustrie in Berlin ⁹³⁾ bezogen werden kann.

Sie besteht aus dem Anrührbecher *a*, einem Messer *b*, einem Meßbecher *c* für Zement, einem desgl. *d* für Wasser, einer innen konischen Form *e* mit 3 Eisenstäben, einer Eisenplatte *f*, einer Wanne *g* und einem Löffel *h*, und soll es ermöglichen, das Abbinden, das Erhärten, die Raumbeständigkeit und bis zu einem gewissen Grade die Festigkeit des Zements zu beurteilen. Auf die Eisenplatte wird zu diesem Behufe ein feuchtes Blatt Papier und darauf die Form, durch die Klammern leicht geschlossen, gelegt, der Zement lose im Becher *d*, ebenso das Wasser im Becher *c* abgemessen und beides im Anrührbecher *a* mittels des Messers *b* 2 Minuten lang gemischt. Den Brei preßt man nun in die Form, drückt die Stäbchen in die Kerbe, nachdem beides etwas mit Öl abgerieben ist, und beobachtet nun nach der Zeit, etwa ½ bis 1½ Stunden, wenn der Zement soweit abgebunden hat, bis er nicht mehr läuft. Nun werden die Stäbchen vorsichtig seitlich herausgezogen, nicht abgehoben, und man prüft nun in Zeiträumen von 15 bis 30 Minuten durch einen leisen Druck mit dem Fingernagel, der bis dahin noch deutlich bemerkbar sein muß, ob der Zement abgebunden hat. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so vermerkt man die Daten, läßt den Zement noch ½ Stunde in der Form, entfernt diese dann vorsichtig und läßt die Zementtafel umgedreht auf der Eisenplatte noch 24 Stunden, von der Herstellung an gerechnet, liegen, jedoch nicht in Luftzug oder trockener Luft. Nunmehr wird die Tafel hochkantig in das Wasserbad *g* gestellt und nach 2 bis 3 Tagen untersucht, ob sich Risse an den Rändern zeigen, was auf Treiben hindeuten würde; man bricht dann die Platte am mittelfsten Teilstrich durch und legt die beiden Hälften wieder in die Wanne.

139.
Abnutzungs-
festigkeit.

140.
Raum-
beständigkeit.

Fig. 25.



Vorrichtung für Untersuchungen
von Zement ⁹²⁾.

⁹⁰⁾ Siehe: Mittheilungen aus den königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin. Heft XI, 4, S. 200.

⁹¹⁾ Siehe: Mittheilungen aus den königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin. 1890.

⁹²⁾ Fakf.-Repr. nach: Baumaterialienkde. 1901, S. 18.

⁹³⁾ N. W., Kruppstraße 6.

Nach 3 bis 7 Tagen bricht man dann die zweite Hälfte durch, nach 2 bis 3 Wochen vielleicht die dritte, wodurch man die zunehmende Festigkeit beurteilen kann ⁹⁴⁾.

141.
Haar-
und Treib-
riffe.

Schon früher wurde darauf aufmerksam gemacht, daß fäntliche Gesteine an der Luft schwinden und im Wasser quellen; diese mittels des *Bauschinger'schen* Tafters durch *Schumann* gefundene Tatfache gibt über eine namentlich fetten Zementmörteln eigene unangenehme Erscheinung Aufschluß, die Haarrissigkeit. Jeder kolloidale Körper zieht sich beim Austrocknen an der Oberfläche stärker zusammen als im Inneren; es entstehen Spannungen, welche zu Schwindrissen führen, die sich netzartig kreuzen und den dichten Zusammenhang an der Oberfläche aufheben. Allerdings bleiben bei sonst normalem Zement diese Sprünge auf die hauptsächlich bloß bei der Benetzung sichtbar werdenden Haarrisse beschränkt und sind wohl zu unterscheiden von den Treibrissen, die unter Zerstörung von innen heraus und teilweiser Aufhebung der Kohäsion bis zum Zerbröckeln führen können. Auch dadurch unterscheiden sich Haarrisse und Treibrisse, daß erstere nur im Anfang der Erhärtung, meist schon während des Abbindens, sich bilden, letztere aber stets erst nach eingetretener Erhärtung. Gewöhnlich wird das Treiben durch eine mangelhafte Aufbereitung des Zements verurlicht. Die Mängel bestehen 1) in allzugrober Mahlung sowohl des Rohmehles, wie auch des Zements; 2) in einer nicht durchweg homogenen Mischung des Rohmehles; 3) in einem zu hohen Kalkgehalt; 4) in einem fehlerhaften Brennen; 5) in einem hohen Gehalt an raumändernden Substanzen, wie z. B. Schwefelverbindungen (Gips) usw. Am auffallendsten sind in dieser Beziehung die sog. Magnesiatreiber, d. h. magnesia-reichere Zemente, die nach anfänglich energischer Erhärtung nach Monaten, ja erst nach Jahren in oft verhängnisvoller Weise ihren Raumgehalt vergrößern. Das gleiche geschieht häufig beim *Sorel'schen* Magnesiament ⁹⁵⁾.

142.
Verhalten
bei Frost.

Portlandzement-Mörtel widersteht auch dem Frost unter allen Bindemitteln am kräftigsten, selbst bei hohen Sandmischungen und sehr niederen Temperaturen, und erhärtet sogar in gefrorenem Zustande, wenn auch nicht so kräftig wie bei warmer Temperatur. Man kann also, wie es häufig geschieht, mit Portlandzement-Mörtel noch bei Frostwetter mauern; nur müssen möglichst erwärmtes Wasser und erwärmter Sand verwendet und der Mörtel tunlichst steif angemacht werden. Zusatz von Kochsalz verhindert das Gefrieren überschüssigen Wassers, kann aber später zu unangenehmen Ausblühungen führen ⁹⁶⁾.

143.
Ausblühungen.

Die Ausblühungen oder Effloreszenzen sind meist schwefelsäure oder kohlen-säure Salze, die entweder aus der Aiche beim Brennen oder aus dem Anmachewasser, wohl auch aus den Ziegelsteinen stammen und sich besonders beim ersten Antrocknen zeigen. Sie sind auch die Ursache, weshalb Ölfarbanstriche an frischen Zementmauern nicht haften und man bisher meist über Jahr und Tag warten mußte, bis Ölfarbanstrich aufgetragen werden konnte. Abwaschen mit Säuren ruft erst recht Ausschläge hervor, wenn nicht sehr gründlich hinterher mit Wasser abgespült wird. Dagegen hat sich die Anwendung der *Keßler'schen* Fluat hierbei vorzüglich bewährt. Dabei werden die Zementmauern möglichst tief mit Magnesia- oder Aluminiumfluat getränkt, wodurch die Alkalien in unlösliche Verbindungen übergeführt werden; hierauf wird das überschüssige Fluat abgewaschen, und nach dem Trocknen kann sofort Ölfarbe aufgetragen werden ⁹⁷⁾.

⁹⁴⁾ Weiteres siehe: ebendaf.

⁹⁵⁾ Weiteres darüber siehe: SCHOCH, a. a. O., S. 382 ff.

⁹⁶⁾ Siehe auch: Baumaterialienkde. 1899, S. 22.

⁹⁷⁾ Näheres darüber in: Baumaterialienkde. 1896-97, S. 385.

Die Erhebung der Ausgiebigkeit von Portlandzementmörtel geschieht nach den Konferenzbeschlüssen, Punkt 7 (siehe Art. 111, S. 160). Rechnungsmäßig läßt sich die Ausgiebigkeit unter Zugrundelegung der Eigengewichte der Bestandteile finden. Wird das Einheitsgewicht von Portlandzement $\delta_c = 3,13$, von Wasser $\delta = 1$ und von Sand $\delta_s = 2,65$ angenommen, so ist das Ausgiebigkeitsverhältnis, bei einem absoluten Gewichtsverhältnis P_c , P_w und P_s für bezw. Zement, Wasser und Sand,

$$V = \frac{P_c}{\delta_c} + P_w + \frac{P_s}{\delta_s},$$

d. h. der Mörtelraumgehalt ist gleich der Summe der angewandten Gewichte von Zement, Sand und Wasser, dividiert durch die entsprechenden Einheitsgewichte, vorausgesetzt, daß kein Zusammenziehen eintritt und der Mörtel vollkommen satt, d. h. ohne Zwischenräume ist. Die durch Messen gefundenen Ausgiebigkeiten unterscheiden sich von den berechneten nur unbedeutend, aber bei steigenden Sandzufügen im Sinne der Raumvermehrung.

Um aus den gemessenen Mischungsverhältnissen auf die Gewichtsmengen zurückrechnen zu können, werden allgemein 1 Faß Portlandzement von 170^{kg} netto gleich 122^l, 1 Sack von 70^{kg} gleich 50^l, 1 Sack von 50^{kg} gleich 36^l und 140^{kg} Sand gleich 100^l angenommen. Darnach ergeben sich für die verschiedenen Mischungen die in der folgenden Tabelle verzeichneten Mörtelausbeuten:

Mischung (in Hektolitern):				1 ^{cbm} Mörtel erfordert:		
Zement	Sand	Wasser	Ausbeute	Zement	Sand	Wasser
1	1	0,53	1,50	933	667	353
1	2	0,75	2,25	622	888	333
1	3	0,98	3,00	467	1000	327
1	4	1,25	3,80	368	1053	329
				Kilogramm	Liter	Liter

Daraus ergibt sich auch, daß bei Portlandzement das wechselnde Hektolitergewicht für die Ausgiebigkeit keine praktische Rolle spielt, wie man früher irrtümlich annahm, und daß lediglich die Ausgiebigkeit des Sandes maßgebend ist.

Weiches, ebenso brakiges Wasser gibt geringere Festigkeiten als hartes. Ferner sind die im Wasser gelösten Salze und chemischen Verbindungen von Einfluß. Kohlenfaueres Wasser gibt größere Festigkeiten, ebenso solches mit Löfungen von kohlenfauren Alkalien; dagegen sind reine Alkalien und Chloride ohne nennenswerten Einfluß. Magnesiumchlorid und Magnesiumsulfat wirken nachteilig, und daher ist auch Meerwasser schädlich und wirkt zerstörend auf Zementbauten. Deshalb müssen diese mit einem Mörtel umhüllt werden, welcher mit etwas kohlenfauere Salz oder Fluorilikat angemacht ist, wodurch sich unlösliches Kalkkarbonat, bezw. Fluorkalcium und Kalkilikat als Schutzmantel bildet⁹⁸⁾. Auch ein Zusatz von Traß hat eine gute Wirkung⁹⁹⁾. Säuren haben immer üblen Einfluß auf Beton und Zementfabrikate, so z. B. schon die im Moorwasser vorhandene Huminfäure, die Säuren in Quellwassern, welche Zementrohrleitungen und die Dichtung von Behältern zerstören, auch die sich in Schmutzwassern bildenden Säuren und schließlich alle durch chemische Fabriken ufw. verunreinigte Gewässer, besonders auch das dadurch beeinflusste Grundwasser.

Bei Zusatz von mehr Sand, als hinreicht, um völlig fatten Mörtel zu bilden,

144.
Ausgiebigkeit.

145.
Beeinträchtigung der Festigkeit und Zerstörung des Zementmörtels.

146.
Zement-Kalkmörtel.

⁹⁸⁾ Weiteres siehe: SCHOCH, a. a. O., S. 393 — und: Baumaterialienkde. 1897—98, S. 121.

⁹⁹⁾ Siehe: Baumaterialienkde. 1900, S. 349.

also bei mageren Zementmörteln, reicht der wenig quellende Portlandzement nicht hin, um mauergerechten, geschmeidigen Mörtel zu geben. Es ist ein praktischer Beweis für die Richtigkeit der physikalischen Anschauung über die Ver kittungswirkung, daß solcher Portlandzementmörtel durch Zusatz von Fettkalk nicht bloß geschmeidiger, sondern auch fester wird, und zwar sowohl an der Luft, als auch unter Wasser. Es ist das Verdienst von *R. Dyckerhoff*, durch viele Versuche diese praktisch hoch bedeutame Neuerung als zweifellos vorteilhaft hingestellt zu haben.

Solcher Mörtel zeichnet sich natürlich in erster Linie durch seine Billigkeit aus; es kostet nach *Dyckerhoff* 1 cbm Kalkzementmörtel, welcher selbst noch bei Frofwtetter mit bestem Erfolg zu verschiedenen Bauten angewendet wurde und der aus 1 Gewichtsteil Zement, $\frac{1}{2}$ Gewichtsteil Kalkhydrat (= 1 Gewichtsteil Kalkbrei, welcher bei 100 Grad C. getrocknet ist) und 7 Gewichtsteilen Sand besteht, nur 14,58 Mark. Für Gewölbebauten läßt sich kein besserer Mörtel denken, und es sollte hierzu wohl ausschließlich Kalkzementmörtel genommen werden.

Ferner sind dabei die starken hydraulischen Eigenschaften interessant. Die Versuche von *Dyckerhoff* ergaben, daß ein Mörtel aus 1 Zement, 6 Sand und 1 Kalkteig schon nach 2 Stunden dem Wasser widerstand, während ein Mörtel aus 1 Teil gleichem Zement und 6 Teilen gleichem Sand ohne Kalkteig erst nach 12 Stunden im Wasser hielt; ein Mörtel aus 1 Traß, 2 hydraulischem Kalk und 2 Sand 2 Tage, hydraulischer Kalk rein 4 bis 7 Tage brauchte, um nicht mehr im Wasser zu zerfallen, sondern allmählich zu erhärten.

Ebenso auffallend ist bei den Kalkzementmörteln die rasche Erhärtungsfähigkeit, gemessen durch das Wachsen der Druckfestigkeit, sowohl an der Luft als im Wasser, gegenüber den Traßmörteln und den Mörteln aus hydraulischem Kalk. Die Zugfestigkeit nimmt ebenfalls durch Zusatz von Kalkteig zu magerem Zementmörtel deutlich zu. Während eine Mischung aus 1 Zement und 7 Sand nach 28 Tagen im Durchschnitt 3,5 kg ergab, brachte ein Zusatz von 1 Kalkteig nach gleicher Zeit eine Festigkeit von 4,1 kg für 1 qcm hervor.

Noch auffallender ist die Erhöhung der Druckfestigkeit. 1 Zement und 7 Sand gaben nach 28 Tagen 58,3 kg, nach 84 Tagen 69,3 kg Druckfestigkeit, die gleiche Mischung und 1 Kalkteig nach 28 Tagen 131,5 kg, nach 84 Tagen 167,2 kg Druckfestigkeit für 1 qcm.

Die Adhäsion an Backsteinen ist am augenfälligsten der unmittelbare Ausdruck der erhöhten Kittkraft. Zwei Backsteine, über Kreuz mit 144 qcm Kittfläche gemauert, gaben bei 1 Zement zu 3 Sand nach 1 Woche 64,0 kg, nach 3 Wochen 90,5 kg Rißbelastung, 1 Zement zu 5 Sand nach 1 Woche 18,8, nach 3 Wochen 23,3 kg, hingegen 1 Zement zu 7 Sand und 1 Kalkteig nach 1 Woche 62,2, nach 3 Wochen 84,7 kg Rißbelastung für 1 qcm.

Hauenschild bestätigte dies aus seinen eigenen vielfachen Versuchen vollständig und fügte noch hinzu, daß er für 1 Zement, 5 Sand und 1 Kalkteig nach 1 Woche für die gleiche Kittfläche von 144 qcm 110,2 kg Tragfähigkeit ohne Riß, sodann bei stets bleibender Belastung nach 4 Wochen eine Tragfähigkeit von 165,3 kg, ebenfalls ohne Riß, erhielt; erst bei einer Belastung von 169 kg trat die Trennung mitten in der Fuge ein, während bei weitaus den meisten Proben mit 1 Zement und 3 Sand die Trennung am Backstein eintrat, unter Mitnahme einzelner Ziegelsplitter, und zwar bei einer durchschnittlichen Belastung nach 4 Wochen von 150 kg.

Als zweckmäßigste Mischungen für Zementkalkmörtel haben sich bewährt:

1 Teil Zement,	5 Teile Sand und	$\frac{1}{2}$ Teil Kalkteig
1 " " "	6 bis 7 " " "	1 " "
1 " " "	8 " " "	1 $\frac{1}{2}$ Teile "
1 " " "	10 " " "	2 " " "

Die Zubereitung der Kalkzementmörtel aus Kalkteig geschieht in der Weise, daß man den abgemessenen Kalkteig in der Mörtelpfanne mit dem erforderlichen Wasser zu Kalkmilch anrührt. Sand und Zement werden daneben trocken gemischt; das Gemisch wird in die Kalkmilch gefchaufelt und dann sofort durchgearbeitet. Nimmt man statt Kalkteig Staubhydrat oder hydraulischen Kalk, so wird Sand mit dem Bindemittel zusammen trocken gemischt und hierauf, wie gewöhnlich, die erforderliche Wassermenge zugegeben. Letzteres Verfahren ist besonders bei Betonbauten vorzuziehen.

Wandflächen, welche mit Portlandzement geputzt werden sollen, müssen vorher von Staub und Schmutz sorgfältig gereinigt, gut abgewaschen und wiederholt benetzt werden. Alte Mörtelfugen sind auszukratzen. Auf schmutzigen Flächen haftet Zementputz nicht, und auf Flächen, welche stark Wasser ablaugen, entstehen leicht Risse. Poröses Mauerwerk muß von unten gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit durch eine Isolierschicht geschützt sein; sonst kann der dichte und spröde Zementputz durch die Wirkung des Frostes leicht abgesprengt werden. Niemals sollte man zu fetten Zementmörtel anwenden, sondern, um die nötige Geschmeidigkeit zu erhalten, besser feineren Sand und bei hohen Sandzuläßen etwas Kalk begeben. Der Putz soll dabei möglichst in seiner ganzen Dicke auf einmal aufgetragen werden und nicht anhaltend mit der Kelle oder Stahlscheibe geglättet, sondern besser, zur Vermeidung von Haarrissen, mit einer Filzscheibe abgerieben werden. Schutz vor Austrocknen ist für Portlandzementputz mindestens ebenso nötig, wie für Romazementputz, und deshalb sollten beide womöglich nur im Frühjahr und Herbst bei kühler und feuchter Witterung ausgeführt werden.

147.
Zementputz.

Die weiteren Verwendungsarten des Portlandzements können kaum mehr andeutungsweise begrenzt werden. Insbesondere machen ihn seine große Härte und die daraus folgende Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung zu Fußbodenestrichen und Pflasterungen, welche stark begangen werden, geeignet, und daraus hat sich eine blühende und berechtigte Zementwaren-Industrie entwickelt, welche besonders im Süden, in Italien und Südfrankreich, aber auch in Deutschland und in Österreich eine eigene künstlerisch veredelnde Behandlung des Materials hervorgerufen hat. Entweder werden die Pflasterungen in ganzen Flößen als zusammenhängende Decke (Estrich) ausgeführt, oder sie werden aus einzelnen Zementplatten zusammengesetzt.

148.
Estrich
und
Pflaster.

Im ersteren Falle hat man die Voricht zu gebrauchen, daß man den Zementmörtel nicht zu fett macht, besonders an der Oberfläche nicht; noch besser verhindert man das Entstehen von Schwindungsrisse, wenn man nach dem Vorgange *Schillinger's* die Pflasterung in großen Quadraten von etwa 4 m² ausführt, welche durch elastische Zwischenlagen (dünne Teerpappe) getrennt sind; hierdurch kann der Estrich der Ausdehnung und Zusammenziehung bei Temperaturänderungen ohne Schaden folgen.

Ist ein Flötzpflaster künstlerisch auszuführen, so wird es meist in Terrazzo-Mosaik gelegt, worin die Italiener Meister sind und seit der Verwendung von Portlandzement hierzu statt des früheren Mörtels (frisch gelöschter Kalk mit Ziegelmehl) ganz vortreffliche, widerstandsfähige und kaum abnutzbare Pflaster für Hausflure und Gänge liefern.

Mit dem Terrazzo konkurrieren lebhaft die Marmor-Mosaikplatten, welche ebenfalls, wenigstens an der Oberfläche, aus Portlandzement geformt werden; darin bleiben die verschiedenen Muster ausgepart, ähnlich wie bei den Mettlicher Fliesen. Die weitere dekorative Behandlung ist ebenso wie beim Terrazzo; nur daß auch häufig die Zementmasse selbst verschiedene Färbemittel erhält, wie dies namentlich bei den italienischen und südfranzösischen Mosaikfliesen der Fall ist.

Diese Platten werden entweder von der Hand aus fast ganz trockenem, bloß erdfeuchtem Zement geformt und solange geschlagen, bis sie plastisch werden und Wasser absetzen, oder sie werden unter hydraulischem Druck oder auf Spindel-Schwengelpressen gepreßt, wodurch größere Dichtigkeit und glattere Oberfläche erzielt werden, ohne aber, wie man häufig glaubt, durch beliebige Steigerung des Druckes eine beliebig größere Festigkeit erzielen zu können, weil plastische Massen, nach Erlangung ihrer größten Dichte wie Flüssigkeiten nicht mehr zusammendrückbar sind. Ernstlich muß an dieser Stelle vor einem Mißbrauch gewarnt werden, wodurch mancher Schaden entstanden ist. Manche Zementwaren-Dilettanten benutzen zur Erzeugung von lichter Steinfarbe Kalkasche, das Zerreibsel und den Abfall der Kalkhöfen, ohne besondere Sorgfalt auf völliges Ablöschen und Abfieben zu verwenden, und nehmen hiervon sehr viel in die Mischung. Sind, wie häufig der Fall, gröbere unabgelöschte Körner darunter, so bewirken diese oft erst nach dem Verlegen als Pflaster Treiben der bösesten Art, so daß fogar Mauern ausweichen können, was dann natürlich dem Portlandzement zugeschrieben wird.

Weitere Einzelheiten über Zementestriche, Terrazzo und Plattenpflasterungen, insbesondere über die entsprechenden Unterlagen usw. werden in Teil III, Band 3, Heft 3 (Abt. IV, Abfchn. 3, Kap. über „Fußböden“) und Band 6 (Abt. V, Abfchn. 3, Kap. über „Befestigung der Hofflächen und Bürgersteige“) dieses „Handbuches“ gebracht werden.

Häufig werden in Gips- oder Holzformen sandsteinähnliche Werkstücke und Treppentufen aus langfambindendem Portlandzement hergestellt, der auch mineralische Farbzufätze erhält. Die Formen werden zunächst mit „Feinstoff“ (1 Teil Zement und 1 Sand) an den später sichtbaren Seiten einige Zentimeter stark ausgefrichen; dann kommt erst der Füllstoff, erdfeucht und als grober Beton dahinter, welcher fest eingestampft wird. Bei weit ausladenden Stücken werden auch wohl Eiseneinlagen benutzt. Nachdem der Mörtel einigermaßen erhärtet ist, werden die Formen entfernt, und nunmehr können Ornamente noch leicht nachgearbeitet werden. Das Gießen in Leimformen zeigt Fehler, bestehend in Luftblasen und Haarrissen. Nach *Möhle's* Verfahren wird statt des Sandes gemahlener Sandstein (1 : 3) zugefetzt, wodurch man eine rauhere Oberfläche und größere Ähnlichkeit mit natürlichem Sandstein erzielt.

149.
Sonstige
Zement-
erzeugnisse.

Die so ausgiebig betriebene fabrikmäßige Herstellung von Zementröhren geschieht in ähnlicher Weise, wie oben bei Romanzement besprochen wurde, und es wird insbesondere für größere Lichtweiten, um bei geringer Wandstärke noch genügenden Widerstand und leichte Transportfähigkeit zu erzielen, hierbei das System *Monier* angewendet; die Röhren stellen ein Eisengerippe mit Zementumhüllung dar, wobei das Eisen so angeordnet ist, daß daselbe auf Zug, der Zement jedoch auf Druck beansprucht wird. Bei der außergewöhnlich hohen Adhäsionsfestigkeit von Zement und Eisen, die von *Bauschinger* zu 45^{kg} für 1^{qcm} gefunden worden ist, bei den nahezu gleichen Ausdehnungsziffern des verwendeten Zementmörtels in der Mischung 1:2 und von Stabeisen, sowie dem Schutz, welchen eine Zementhülle dem Eisen, ganz entgegen den Erfahrungen mit Gips- oder gar mit Kalkmörtel¹⁰⁰⁾, gewährt, sind der günstige Erfolg und die rasche Verbreitung der Fabrikate und Anwendungen nach System *Monier*, sowie der zahlreichen Deckenkonstruktionen erklärlich. Näheres hierüber in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 10, unter c).

h) Mörtel mit hydraulischen Zuschlägen.

150.
Hydraulische
Zuschläge.

Die älteste Art von hydraulischen Mörteln sind diejenigen mit hydraulischen Zuschlägen. Man versteht darunter solche Kalkmörtel, denen pulverige oder pulverigkörnige Stoffe mit einem wirklichen Gehalt an Hydraulikfaktoren in entsprechender Menge zugefetzt werden. Solche Stoffe sind vulkanische Aschen und andere Gebilde, wie die berühmte Puzzolanerde, der Traß und die Santorinerde, oder es sind künstlich durch Brennen silikathaltiger Stoffe erzeugte Zuschläge, wie Ziegelmehl, Hohofenschlacke u. dergl.

Das Mischungsverhältnis von Kalk und hydraulischen Zuschlägen ist je nach dem Verwendungszweck verschieden, bewegt sich jedoch erfahrungsgemäß stets zwischen solchen Grenzen, daß die Zwischenräume der Zuschläge, die hier gleichzeitig die Rolle des Füllstoffes spielen, mehr oder weniger vollständig durch steifen Kalkbrei ausgefüllt werden, der, als Quellungs-substanz für die Zuschläge dienend, dieselben zu kolloidaler Verkittung und Erhärtung anregt. Alle Mörtel mit hydraulischen Zuschlägen sind infolgedessen langsam bindend und langsam, aber sehr nachhaltig erhärtend.

¹⁰⁰⁾ Siehe darüber: Baumaterialienkde. 1896-97, S. 387; 1903, S. 115, 119.

langreiche Bedeutung und besitzt einige Vorzüge, die ihm für manche Arbeiten die Verwendung selbst an Stelle von Portlandzement sichern. Traß ist ein vulkanischer Tuffstein, der in mächtigen Lagern im Nettetäl unweit Andernach a. Rh. vorkommt, während das Brohltal bereits ziemlich ausgebeutet ist. (Siehe Art. 30, S. 95.)

Es gibt minderwertige Arten von Traß („wilden“ Traß), die häufig mit den besseren Sorten gemischt als Verfälschungsmittel dienen.

Für die Prüfung von Traß sind auf der Rüdersdorfer Versammlung des deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik im Jahre 1900 Beschlüsse gefaßt worden, die hier auszugsweise wiedergegeben werden.

Guter Traß soll mindestens 7 Vomhundert Glühverlust (chemisch gebundenes Wasser) ergeben; doch sind auch Traße mit $5\frac{1}{2}$ bis $7\frac{1}{2}$ Vomhundert Glühverlust zuzulassen, wenn die für die Festigkeit gestellten Bedingungen erfüllt werden. Der Traß soll möglichst fein gemahlen sein, so daß auf dem Siebe mit 900 Maschen auf 1 qcm höchstens 25 Vomhundert und auf dem von 5000 Maschen nicht mehr als 50 Vomhundert zurückbleiben. Bei der Nadelprobe sind die auf dem 144-Maschen-siebe liegendenbleibenden Körner auszuschließen. Die Mischung ist mit 2 Gewichtsteilen Traß, 1 Gewichtsteil Kalkhydratpulver und $0,9$ bis 1 Gewichtsteil Wasser bei 15 bis 18 Grad C. anzurühren, in eine Hartgummidose ohne Boden, die auf Glasplatten gesetzt wird, zu füllen und sofort in das Wasserbad von 15 bis 18 Grad C. zu bringen. Nach 2, 3, 4 und 5 Tagen ist die Nadelprobe zu machen. Wird Traßmörtel bei niedrigen Temperaturen angewendet, so sind Proben auch bei solchen anzustellen.

Aus 2 Gewichtsteilen Traß, 1 Gewichtsteil Kalkhydratpulver (Marmorkalk), 3 Gewichtsteilen Normalfand und $0,9$ bis 1 Gewichtsteil Wasser sollen Zug- und Druckprobefstücke in der für Zementprüfungen üblichen Weise hergestellt, erstere 20 Minuten, letztere 24 Stunden nach der Fertigstellung aus den Formen genommen und darnach 24 Stunden in feuchter Luft aufbewahrt werden, wonach sie 6, bzw. 27 Tage unter Wasser von 15 bis 18 Grad C. weiter erärten. Unmittelbar nach dem Herausnehmen aus dem Wasser sind die Versuchskörper zu prüfen. Gegenwärtig werden nach 28 tägiger Erhärtung 12 kg für 1 qcm Zugfestigkeit und wenigstens 60 kg für 1 qcm Druckfestigkeit beansprucht, wobei die Mittelwerte der 6 höchsten Zahlen von je 10 Probekörpern zur Berechnung kommen¹⁰²⁾. Das Hektolitergewicht lose eingelaufenen Traffes soll nicht mehr als 94 kg und das Einheitsgewicht $2,23\text{ kg}$ betragen.

Nach den Untersuchungen in der Technischen Versuchsanstalt zu Berlin weichen die Festigkeiten für die verschiedenen Traße sehr erheblich voneinander ab.

Von 8 verschiedenen Traffen wurden Mischungen von $1\frac{1}{2}$ Raumteilen Traß, 1 Raumteil Fettkalk und $1\frac{3}{4}$ Raumteil Rheinfaud hergestellt und zeigten folgende Zug- und Druckfestigkeitswerte:

	Zugfestigkeit		Druckfestigkeit	
	6 Wochen	18 Wochen	6 Wochen	18 Wochen
Alter	6 Wochen	18 Wochen	6 Wochen	18 Wochen
Mindestwert	8,1	16,2	63,2	118,6
Höchstwert	23,6	28,7	168,9	194,6
Mittel aus den Durchschnittswerten . .	14,9	21,4	94,4	149,1

Kilogr. für 1 qcm .

Im allgemeinen ist das Verhältnis $\frac{\text{Zug}}{\text{Druck}}$ bei Traß im Durchschnitt $\frac{1}{6}$, bei Portlandzement $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$; daher haben die Traßmörtel wohl hohe Zugfestigkeiten, dagegen geringere Druckfestigkeiten.

Herfeldt schlägt nach seinen Versuchen folgende Mischungsverhältnisse als die günstigsten vor:

1	1	1	1	Raumteil Traß
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	Raumteile Fettkalk
1	2	3	4	„ Sand.

¹⁰²⁾ Vergl. auch: HAMBLOCH, A. Der rheinische Traß als hydraulischer Zuschlag usw. Andernach 1903 — ferner: KONING & POIENFAIT. Über Traßprüfung. Baumaterialienkde. 1897—98, S. 206.

Da Traßmörtel schon in kurzer Zeit ausreichend genügende Festigkeiten erlangt und bedeutend nachhärtet, außerdem aber bei richtiger Mischung sehr kräftige Adhäsionsfestigkeit und vollständige Wasserdichtigkeit besitzt infolge der größeren Plaftizität, so wird er mit Recht als Wassermörtel sehr geschätzt. Dazu kommt noch, daß er bei Bauten unmittelbar unter Wasser eine weit geringere Schlammbildung zeigt als Portlandzement. Hydraulischer Kalk erhöht die Qualität von Traßmörtel wesentlich.

Die Ausgiebigkeit von Traßmörtel hängt vom Sandzusatz ab, und 1^{cbm} fertiger Mörtel benötigt bei den Mischungen

Traß	Kalk	Sand	Traß	Kalk	Sand
2	: 1	: 0	1	: 1	: 3
930 ^l	470 ^l	— ^l	310 ^l	310 ^l	900 ^l
1	: 1/2	: 1	1	: 1 1/8	: 4
590 ^l	290 ^l	590 ^l	250 ^l	280 ^l	1000 ^l
1	: 3/4	: 2			
400 ^l	300 ^l	790 ^l			

Da diese Mischungen nahezu gleiche Festigkeiten ergeben und Traß wesentlich billiger ist als Portlandzement, so stellt sich auch der Preis von 1^{cbm} Traßmörtel wesentlich günstiger¹⁰³⁾.

i) Mörtel aus Puzzolanzement.

Wenn auch die Vorzüge des Traßmörtels anerkannt sind, so steht doch seiner allgemeinen Anwendung entgegen, daß man zur Herstellung desselben aus dem Traßstein Zerkleinerungsmaschinen und zur vorteilhaften Mischung sorgfältiger Aufsicht und Mischmaschinen benötigt, weshalb nur größere Unternehmer solche Einrichtungen treffen können. Der Puzzolanzement jedoch ist, wie der Portlandzement, ein zur Mörtelbereitung unmittelbar fertiges Erzeugnis, gemischt aus geeigneter, feinstaubig gemahlener und im günstigsten Verhältnis mit Staubhydrat maschinell gemischter Puzzolane, bis jetzt ausschließlich granulierter basischer Hohofenschlacke, also Hohofenschlacke, in welcher auf ein Äquivalent Silikat mehr als ein Äquivalent Kalk vorhanden ist und welche hauptsächlich aus dem Gießerei-Roheisenprozeß her stammt. Da derartige Schlacke ein lästiges Abfallerzeugnis der Eisenbereitung ist, das in ungeheuren Mengen gewonnen wird, so ist die Verwertung derselben zu einem wertvollen hydraulischen Bindemittel von volkswirtschaftlicher Bedeutung. In Deutschland, der Schweiz, Frankreich, Österreich und Amerika hat die Verwendung von Schlackenzement sich seit 1882 allmählich Eingang verschafft und wird stets für manche Verwendungen dem Portlandzement ein gefährlicher Konkurrent sein, wenn er auch denselben niemals zu verdrängen vermag.

153.
Puzzolan-
zement.

Die allgemeinen Eigenschaften des Puzzolanzements kennzeichnen ihn als den Puzzolanmörteln verwandt; die möglichst weit getriebene Feinpulverung des hydraulischen Bestandteiles der Hohofenschlacke, die sorgfältige Auswahl der hierzu geeigneten Schlacke, die strenge Einhaltung der als die günstigsten gefundenen Mischverhältnisse und die auf das weiteste getriebene maschinelle Mischung heben ihn jedoch nicht bloß in den Rang eines Zements, sondern verleihen der mechanischen Mischung Eigenschaften, die in mancher Beziehung dem wertvollsten Bindemittel, dem Portlandzement, mindestens gleich kommen. Die Natur beider mechanisch gemengter Bestandteile offenbart sich im Puzzolanzement: das Pulver ist mehlweich; das Hektolitergewicht beträgt zwischen 90 und 100^{kg} lose; der Er-

154.
Eigenschaften.

¹⁰³⁾ Siehe darüber auch: VAN DER KLOES, A. Zusammenfassung, Bereitung u. Gebrauch von Mörteln. Baumaterialienkde. 1900, S. 137.

härtungsbeginn wird von der Temperatur beeinflusst, obwohl nicht so auffallend wie bei Traßmörtel; das Einheitsgewicht beträgt etwa 2,7 und schwankt mit den Mischungsverhältnissen, die nach den grundlegenden Versuchen *Tetmajer's*, je nach der Zusammenetzung der Schlacke und des Kalkes, zwischen 15 und 25 Vomhundert Kalk auf 75 und 85 Vomhundert Schlackenmehl in Gewichtsteilen wechseln.

Die Erhärtungskraft ist bei den günstigsten Zusammenetzungen so groß, daß bei Sandmischungen sowohl Zugfestigkeit als Druckfestigkeit häufig die Ziffern bester Portlandzementmarken erreichen oder übertreffen. Aber eben hier zeigt sich, daß die in den Normen festgelegten Anforderungen an Zug- und Druckfestigkeit zur vollen Kennzeichnung des Wertes eines Bindemittels nicht ausreichen: die Selbstfestigkeit, die Außenhärte und Abnutzungsfestigkeit des besten Schlackenzements wird von Portlandzementen stets übertroffen, welche auch wesentlich niedrigere Normenziffern zeigen als Schlackenzement. Dagegen sind Bildsamkeit und Zähigkeit der Schlackenzemente für Adhäsionsfestigkeit und für Widerstandsfähigkeit gegen Schlamm- und Wasserbildung unter Wasser günstiger. Bezüglich der Raumbeständigkeit sind richtig gemischte Schlackenzemente gegen Treiben sicherer, neigen jedoch noch mehr zur Schwindrissigkeit als Portlandzement.

Das Nachhärten von Puzzolan- zement scheint mit einem halben Jahre abgeschlossen zu sein, während Portlandzement über ein Jahr lang nachhärtet; an der Luft verhält sich besonders breiförmig angemachter Puzzolan- zement wesentlich ungünstiger als Portlandzement, und Portlandzement mit Kalkzusatz zeigt auch bei hohem Sandzusatz (1 : 6) an der Luft höhere Festigkeiten als Puzzolan- zement in der Normalmischung 1 : 3. Für diese Mischung werden folgende Festigkeiten nach 28-tägiger Erhärtung angegeben:

Schlacke	Kalk	Zugfestigkeit	Druckfestigkeit
100	15	8,1 bis 33,1	55,6 bis 238,8
100	20	9,0 bis 36,3	55,8 bis 251,4
100	25	8,0 bis 38,1	46,6 bis 242,8
100	30	7,3 bis 40,5	50,2 bis 261,0
Teile		Kilogr. für 1 cm^3 .	

Dies sind Schwankungen, wie sie bei keinem anderen Mörtel auftreten.

Die Anforderungen an Puzzolan- zement werden nur von den Schweizer Normen festgelegt.

„Schlackenzement soll auf dem 900-Maschen Sieb nur 1 Vomhundert Rückstand zeigen. Als Wasserzusatz bei den Festigkeitsprüfungen mit 3 Teilen Sand sind 10 Vomhundert vorgeschrieben. Die normengemäße 28-Tageprobe soll für Schlackenzement 16 kg Zug- und 150 kg Druckfestigkeit für 1 cm^3 ergeben.“

^{155.}
Ausgiebigkeit.

Die Ausgiebigkeit von Schlacken- Zementmörtel beträgt nach *Tetmajer* an Bedarf von Zement und Sand für 1 cm^3 festen Mörtels bei einem Mischungsverhältnis in Zement und Sand in Raumteilen:

Zement	Sand	Zement	Sand	Zement	Sand
1	: 1	1	: 2	1	: 2,5
900 kg	780 ¹	552 kg	1010 ¹	437 kg	1080 ¹
1	: 1,5			1	: 3
600 kg	880 ¹			400 kg	1170 ¹

^{156.}
Verwendung.

Da der Preis von Schlackenzement stets billiger sein kann als der von Portlandzement, so wird er zu solchen Tief- und Wasserbauten vorgezogen, die lang-

fam fortschreiten, insbesondere zum unmittelbaren Betonieren unter Wasser. Zu Konstruktionen an der Luft, bei denen es sich um große Druckfestigkeiten handelt und die der mechanischen Abnutzung unterworfen sind, bleiben Schlackenzemente im allgemeinen weniger geeignet, obwohl man in Amerika sie vielfach auch zu diesen Zwecken verwendet ¹⁰⁴).

Ähnlich dem Portlandzement werden Schlackenzemente zur Herstellung von Kunststeinen, besonders farbigen Terrazzofliesen, Badewannen, Tischplatten, Grabdenkmälern usw. verwendet, da dieselben sich besser färben lassen als Portlandzement und sehr schöne Politur annehmen.

k) Mörtel aus gemischten Zementen.

Um einerseits die tatsächlich im Handel vorkommenden Mischungen aus fertigen Zementen mit geeigneten Zuschlägen als solche zu kennzeichnen und andererseits unlauteren Wettbewerb durch Nichtbezeichnung der beigemischten Bestandteile fernzuhalten, hat die Vereinheitlichungs-Konferenz dieselben als eine eigene Gruppe aufgestellt und gefordert, daß sie nach dem Grundstoff und mit Angabe des Zuschlages ausdrücklich als gemischte Zemente bezeichnet werden sollen. Zu diesen Zementen gehören z. B. die Eisen-Portlandzemente, bei denen auf übliche Weise hergestellten Portlandzementen hohe Prozentsätze von granulierter Hohofenschlacke zugeetzt werden. Ihre Eigenschaften nähern sich denen der Puzzolanzemente, die an der Luft schlechter erhärten wie unter Wasser. Die Versuche darüber sind noch in der Schwebe ¹⁰⁵).

157.
Gemischte
Zemente.

Insbesondere dienen solche gemischte Zemente noch zur Steigerung gewisser technischer Eigenschaften, z. B. zur Erhöhung der Geschmeidigkeit (Portlandzement mit Kalkpulver oder mit hydraulischem Kalk), zur Beschleunigung des Abbindens (Portlandzement mit Romazement), zur Erhöhung der Adhäsion, der Wasserdichtigkeit, der Sandkapazität, zur Erzielung gewisser Farbentöne. Sie liefern ihrer Beschaffenheit nach ausreichende, bequem und billig zu verarbeitende Bindemittel für besondere Zwecke. Die gemischten Zemente werden häufig, unmittelbar mit dem passenden Sandzusatz gemischt, als Trockenmörtel in den Handel gebracht (siehe Art. 94, S. 151).

Es sei hier noch eines weißen Zements der Portland-Zementfabrik Gößnitz Erwähnung getan, dessen Eigenschaften völlig hydraulisch und wetterbeständig sein sollen und dessen Zusammensetzung angeblich der gewöhnlicher Portlandzemente entspricht, ohne allerdings deren Festigkeit zu erreichen. Er ist rasch- und langsambindend und im Freien verwendbar, wodurch er sich von den Gipszementen unterscheidet ¹⁰⁶).

l) Magnesia- und Gipsmörtel.

Die Magnesia-Kalk- und die reinen Magnesiacemente haben nur besondere Bedeutung für bestimmte Zwecke. Während die Magnesiakalke, wie schon in Art. 72 (S. 137) erwähnt, als Ersatz hydraulischer Kalke und als magere Luftkalke dienen und sich durch besonders hohe Sandkapazität auszeichnen, also große Adhäsionskraft besitzen ¹⁰⁷), ist der reine Magnesiacement, der *Sorel-Zement*, aus ge-

158.
Magnesia-
zemente.

¹⁰⁴) Siehe: TETMAJER. Der Schlackenzement. Notizbl. d. Ziegl.- u. Kalkbr.-Ver. 1887, S. 79.

¹⁰⁵) SCHUMANN, C. Über Portlandzement und gemischte Zemente. Baumaterialienkunde. 1903, S. 218

¹⁰⁶) Siehe: Baumaterialienkunde. 1897-98, S. 259.

¹⁰⁷) Siehe: HAUENSCHILD. Die Dolomite und ihre praktische Verwerthung. Techniker 1872, S. 418.
Die dolomitischen Zemente. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873, S. 201

branntem Magnelit mit Chlormagnesium in Lösung statt Wasser angemacht, dasjenige Bindemittel, welches unter allen die weitaus größte Kittkraft und Erhärtungsfähigkeit an der Luft besitzt. Seine mattweiße Farbe eignet ihn besonders zu dekorativen Gegenständen, die glänzende Färbung und Politur annehmen und an trockener Luft auch dauerhaft lind, während sie trotz ihrer verführerischen fabelhaften Feltigkeit, Zähigkeit und Dichte in der Feuchtigkeit unfehlbar erweichen.

Die Fähigkeit, äußerst magere und doch sehr kräftig erhärtende Mischungen mit allen möglichen Füllstoffen zu geben, hat verschiedene Anwendungen zu Kunststeinen, besonders täuschendem Kunstmarmor, Nachahmungen edler Hartgesteine, aber auch zu Holz- und selbst Elfenbeinnachahmungen hervorgerufen. Unter dem Namen „Xylolith“ werden mit Holztaub, Werg, Juteeinlagen usw. gemagerte, sehr leichte, zähe und harte Bauplatten für Zwischenwände, Böden usw. verwendet. Die Zugfestigkeit von Xylolith steigt bei trockener Aufbewahrung auf 276 kg für 1 qcm, die höchste bei einem Bindemittel bekannte Ziffer, während die Druckfestigkeit über 900 kg für 1 qcm beträgt.

Einen gefährlichen Fehler besitzen nicht sehr sorgfältig aus Magnesiaement erzeugte Gegenstände: sie zeigen häufig das schon beim Portlandzement erwähnte Magnesiatreiben erst nach langer Erhärtung. Deshalb kann bei der Verwendung des in neuerer Zeit unter dem Namen „Bitumelit“ aufgetauchten Gemisches von Alhpulver mit Magnesiaement zu Pflasterungen zwischen Wänden nur Vorsicht angeraten werden. Über die teigartig verwendeten Fußbodenbeläge siehe Teil III, Band 3, Heft 3 dieses „Handbuches“.

150.
Gipsmörtel.

Sehr ausgedehnt und mannigfaltig ist dagegen die Anwendung des Gipsmörtels bei Hochbauten als Putz- und Stuckgips und als Estrichgips. Beide unterscheiden sich scharf voneinander, sind aber ausgeprochene Luftmörtel.

Während aber der Luftkalk aus kohlenauerem Kalk durch Austreiben der Kohlenäure beim Brennen erzeugt wird, wird Gips durch Entfernen seines Hydratwassers auf gleiche Weise aus schwefellaurem Kalk gewonnen. Ebenso erhärtet Luftmörtel durch Aufnahme von Kohlenäure, während dies bei Gips durch Zuführung von Wasser beim Anmachen geschieht. Während Luftkalk aber erst bei Zusatz von Sand einen größeren Härtegrad erreicht, verdirbt gerade ein solcher den Gipsmörtel, und schon 30 bis 40 Vomhundert davon verringern seinen Härtegrad wesentlich. Von einem eigentlichen Brennen des Gipses kann man somit nicht sprechen. Denn von den 21 Vomhundert Wasser, welche roher Gips enthält, gehen 16 Vomhundert bereits bei einer Temperatur von 81 bis 93 Grad C. verloren; ein zweiter Teil entweicht bei etwa 107 bis 130 Grad C. und der dritte, geringe Teil etwa bei 150 bis 170 Grad C. Der letzte Rest schwindet erst bei 270 bis 300 Grad C. Unnötig hoch erhitzter Gips heißt „totgebrannt“, obgleich ein eigentliches totbrennen nach *Michaëlis* und *Schott* nicht stattfindet, da er immer noch, wenn auch sehr spät, abbindet.

Beim Abbinden unter Zugabe von Wasser im Verhältnis von 1:1 bis 1:1½ unter Auskriftallisierung wasserhaltigen Gipses aus überlätigter Lösung und unter Erwärmen, erleidet der Putzgips eine Raumvergrößerung von etwa 1 Vomhundert und erhärtet bis zur Vollendung der Kriftallifation. Nach dem Abbinden zeigt sich keine Raumvergrößerung.

Darauf beruht seine vortreffliche Eigenschaft, sich in Formen gießen zu lassen und als Modelliermaterial ersten Ranges zu dienen. Zu letzterem Zwecke benötigt man langflamerbindenden Gipses; dies wird durch Verzögerung der Kriftallifation mittels Zusatz von Kolloidsubstanzen, wie Leimlösung, Pflanzenschleim oder Kalk-

brei usw., bewirkt. Da Gips, ähnlich wie Romanzement, mit sehr verschiedenen Wasserzufügen, also in sehr verschiedener Dickflüssigkeit abbindet, ohne Wasser abzustoßen, so ist auch seine Porosität und damit seine Festigkeit nach dem Abbinden sehr verschieden. Alles, was den Wasserzufuß zu vermindern gestattet, macht den Gips auch dichter, haltbarer, schöner, insbesondere polierbar, daher die Wirkung der verschiedenen Zufüge, insbesondere von Kalkbrei (für Modellierung etwa 15 Vomhundert).

Die Verwendung des Gipsmörtels ist die älteste unter allen chemischen Mörteln. Die Ägypter haben ihn bereits beim Pyramidenbau benutzt. Obwohl die chemische Natur des Gipsmörtels seine Anwendung zu gewissen Zwecken von vornherein verbietet, so kann doch durch fachgemäße Bearbeitung und Schutz gegen zerstörende Einflüsse die Anwendung verallgemeinert werden. In Gipsgegenden, wie in Paris, am Harz usw., findet der Gips allgemeine Anwendung statt Luftkalkmörtel oder doch als ausgiebiger Zusatz zu solchem.

Die Beurteilung der Güte beruht heute noch ganz auf Erfahrung. Man ritzt auf der ebenen Fläche eines von der Glasplatte abgehobenen Kuchens eine gerade Linie mit einem Messer und bricht ihn an dieser Stelle entzwei. Der Bruch soll dann ganz scharf fein und genau in der geritzten Linie verlaufen. Einheitliche Verfahren zur Prüfung von Gips fehlen noch. Nur *Tetmajer* hat sehr wertvolle Angaben über die technischen Eigenschaften und Festigkeiten der schweizerischen Gipsorten veröffentlicht, aus denen das Folgende entnommen sei.

Das Hektolitergewicht schwankt lose zwischen 74 und 88 kg und ist gerüttelt noch verschiedener: zwischen 114 und 167 kg; das Einheitsgewicht beträgt zwischen 2,55 und 2,87, durchschnittlich 2,685 bei noch 3 Vomhundert Wassergehalt; die zur Herstellung eines Breies von Normaldichtigkeit nötige Wassermenge beträgt zwischen 48 und 72 Vomhundert, die Temperaturerhöhung beim Anmachen zwischen 7,3 und 24,2 Grad C., die Bindezeit zwischen 4 $\frac{1}{2}$ und 20 Minuten, die Zugfestigkeit durchschnittlich nach 7 Tagen 11,8 kg, nach 28 Tagen 19,3 kg und nach 84 Tagen 23,1 kg für 1 qcm; die Druckfestigkeit nach 7 Tagen 55,6 kg, nach 28 Tagen 83,2 kg und nach 84 Tagen 127 kg für 1 qcm.

Der mit einer Hitze von 200 bis 300 Grad C. gebrannte Gips ist als Mörtelmaterial gänzlich unbrauchbar, wogegen der sog. Eltrichgips, welcher bis zur Rotglut (bis 950 Grad C.) erhitzt war, sowohl für Baumörtel als auch besonders für Herstellung von Eltrichen höchst brauchbar ist. Der gebrannte Eltrichgips hat eine rötlichweiße Farbe, zum Unterschiede von dem Stuckgips, welcher bläulichweiß ausieht, ist auch grob gemahlen, während der andere ein mehr oder weniger feines Pulver darstellt. Eltrichgips ist ferner langsam bindend, und zwar dauert der Abbindeprozeß 10 bis zu 50 Stunden, gewöhnlich aber 12 bis 18 Stunden. Hierbei spricht das Alter des Gipses und sein Wassergehalt mit, weil frischer Gips früher seine Endfestigkeit erhält als abgelagerter. Diese Festigkeit ist wesentlich höher, etwa bis 250 kg für 1 qcm, wie bei Stuckgips; doch haben bis jetzt darauf bezügliche Versuche noch zu keinem sicheren Ergebnis geführt.

Eltrichmörtel erfordert 1 Teil Wasser auf 2,4 Teile Gips und hat hydraulische Eigenschaften, so daß er Feuchtigkeit und Witterungseinflüssen sehr gut widersteht. Auch muß der damit hergestellte Eltrich feucht erhalten werden, damit kein vorzeitiges Verdunsten des Wassers eintritt, weil der Gips sonst mürbe und bröckelig wird. 1^l lose eingefüllter Eltrichgips wiegt 1000 bis 1100 g, fest eingerüttelt 1500 bis 1600 g, ist demnach weit schwerer wie Stuckgips. Das Einheitsgewicht beträgt beinahe 2,9.

Bei normalem Eltrichgips tritt weder Treiben noch Schwinden ein. Ersteres hat seinen Grund hauptsächlich darin, daß ihm Portlandzement in größerer Menge beigemischt wird, um das Abbinden zu beschleunigen. Dies dürfte höchstens bis 1 $\frac{1}{2}$ Vomhundert geschehen. Auch Sandzufuß verträgt er nicht gut.

Das Treiben kann durch die Nadelringe von *Le Chatelier* ermittelt werden: 30 mm breite Ringe aus dünnem Messingblech mit 30 mm Durchmesser, die an einer Stelle aufgeschnitten sind. Auf die Enden sind Messingnadeln von 150 mm Länge aufgelötet, deren freie Enden sich storchschnabelartig berühren, so lange die Füllmasse sich nicht ausdehnt. Beginnt jedoch das Treiben, so zeigt die Entfernung der Nadelpitzen voneinander die lineare Ausdehnung in zehnfacher Vergrößerung¹⁰⁸⁾.

Eine unangenehme Eigenschaft macht sich in vielen Fällen besonders beim Stuckgips geltend: die wechselnde Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft und das Verdunften derselben bei trockener Witterung, weshalb Gipsmörtel als Grund für Wandmalerei völlig unbrauchbar ist. (Weiteres siehe in Teil III, Band 3, Heft 3 dieses „Handbuches“.)

160.
Marmor-
zement.

Die Alaun- und Boraxgipse oder *Keene's* und Parianzemente sind gebrannte, mit Alaun oder Borax getränkte und dann wieder bis zur Rotglut gebrannte Gipse, welche besonders zu ornamentalen und figürlichen Verzierungen und zu farbenprächtigen Stuckmarmorarbeiten Verwendung finden¹⁰⁹⁾. Ihre Dichtigkeit und Härte, das unter geringem Wasserzusatz ermöglichte gleichartige Gefüge und die beträchtliche Erhärtung eignen sie zu wirkungsvoller Glanzpolitur, und ihre weiße Grundfarbe gestattet beliebige Färbung zur Herstellung aller möglichen Marmor- und Hartgesteins-Nachahmungen. Nach *Hartig* besitzt englischer *Keene's*-Zement, mit 20 Vomhundert Wasser angemacht, nach 4 Wochen eine Zugfestigkeit von 36,9 kg und eine Druckfestigkeit von 411 kg für 1 qcm, deutscher Marmorzement dagegen 47,8 kg Zugfestigkeit und 423 kg Druckfestigkeit für 1 qcm. Er wird in Deutschland zu Walkenried hergestellt.

161.
Gipsdielen.

Das Gebiet der Gipsmörtelverwendung ist in neuerer Zeit besonders durch Herstellung von Gipsdielen oder Schilfbrettern erweitert worden, leichten, zu Zwischenwänden, Wandbekleidungen und Decken verwendeten Tafeln aus einem mit Schilfbündeln durchzogenen und mit allerlei leichten organischen Abfallstoffen verletzten Gipsgulle. Gegen seitliche Feuchtigkeit werden sie durch Bekleben mit Dachpappe geschützt; doch ist es besser, an feuchten Stellen überhaupt keine Gipsdielen anzuwenden, weil Gips fault, sondern dafür ebenso hergestellte Zementdielen zu benutzen. Näheres hierüber in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abchn. 1, A, Kap. 6, unter b, 1) dieses „Handbuches“.

162.
Härten
des
Gipses.

Bauteile aus Gips werden dauerhaft gehärtet und gegen Witterungseinflüsse geschützt durch Tränken mit sehr dünner Kalkmilch und nachherige Behandlung mit *Keßler's*chen Fluosilikaten; sie werden abwalchbar gemacht durch Imprägnieren mit Paraffin oder Stearin, in Petroleumäther gelöst, oder nach dem *Dechend's*chen Verfahren, nach welchem die trockenen Gipsabgüsse 24 Stunden lang in eine kalte Barytlösung gelegt, dann mit Wasser abgewaschen und langsam getrocknet werden; darauf sind sie während 1/2 Stunde in eine heiße Lösung von 1 Teil Kernseife in 15 bis 20 Teilen Wasser zu tauchen, zu reinigen und zu trocknen; endlich werden sie mit einer heißen, gefättigten Boraxlösung getrichen, worauf man noch einen heißen Chlorbaryum- und Seifenanstrich folgen läßt.

Literatur

über die „Verschiedenen Mörtelarten und ihre Grundstoffe“.

PANZER. Ueber das Vorkommen des hydraulischen Kalkes etc. 1836.

LEBRUN. Der Steinmörtel etc. Aus dem Französischen. Ulm 1837.

ORBACH, J. v. d. Tuffstein, Traß und hydraulischer Mörtel. Coblenz 1849. — 2. Aufl. 1863.

BECKER. Erfahrungen über den Portland-Cement. Berlin 1853.

¹⁰⁸⁾ Siehe auch: Versuche mit Estrichgips und Gipsmörtel. Hannoverisches Gewerbebl. 1902, S. 151.

¹⁰⁹⁾ Über Stuckmarmor siehe auch: Teil III, Band 3, Heft 3 dieses „Handbuches“.

- GÖRZ, R. Chemische und praktische Untersuchung der wichtigsten Kalke des Herzogthums Nassau. Wiesbaden 1854.
- COHN, J. Ueber die Wichtigkeit der Cemente in Beziehung auf gefunde Wohnungen, dauerhafte Waffer- und Prachtbauten, Kunftsteine, Anlegung von Silos, sowie auf Fabriks-Industrie etc. Breslau 1855.
- HERTEL, A. W. Die Lehre vom Kalk und Gyps etc. Weimar 1857. — 5. Aufl.: Kalk, Gyps, Cement etc. von F. NEUMANN. 1886.
- GILLMORE, Q. *Practical treatise on limes etc.* New-York 1858—61. — 4. Aufl. 1872.
- MANGER, J. Die Portland-Cemente etc. Berlin 1859.
- BECKER, W. A. Praktische Anleitung zur Anwendung der Cemente zu baulichen, gewerblichen, landwirthschaftlichen und Kunft-Gegenständen. Berlin 1860. — 2. Ausg. 1869.
- HEUSINGER v. WALDEGG, F. Die Kalk-, Ziegel- und Röhrenbrennerei. In ihrem ganzen Umfang und nach den neuesten Erfahrungen. Leipzig 1861. — 5. Aufl. 1903.
- AUSTIN. *Practical treatise on the preparation, combination and application of calcareous and hydraulic limes and ciments.* London 1862.
- HEUSINGER v. WALDEGG, E. Der Gypsbrenner, Gypsgießer und Gypsbaumeißler. Leipzig 1863.
- ZIUREK. Ueber Mörtel. Zeitschr. d. Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover. 1863, S. 381.
- MIHALIK, J. v. Die hydraulischen Kalke und Cemente. Pest 1865.
- FERRAND, S. *Étude historique, théorique et pratique des ciments romains.* *Gaz. des arch.* 1865, S. 339, 352; 1866, S. 17, 51, 72, 196, 288.
- GERSTENBERGK, H. v. Die Cemente, ihre Bereitung aus natürlich-hydraulischen und künstlich-hydraulischen Kalken, sowie ihre Anwendung zu baulichen, gewerblichen und landwirthschaftlichen Zwecken, wie auch zu Kunftgegenständen. Weimar 1865. — 2. Aufl. 1874.
- REIN, H. *Practical treatise on the manufacture of Portland cement.* London 1868.
- Färbung von Kalk-Mörtel. Deutsche Bauz. 1868, S. 436.
- MICHAELIS, W. Die hydraulischen Mörtel, insbesondere der Portland-Cement in chemisch-technischer Beziehung. Leipzig 1869.
- Hydraulische Mörtel. Deutsche Bauz. 1869, S. 275.
- LOEFF, P. Gründliche Anleitung zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelöfen, sowie zum Betriebe von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelbrennereien. Berlin 1870.
- Kalk-Cement-Mörtel. Deutsche Bauz. 1870, S. 165.
- Mörtel mit Sägespänen gemischt. Deutsche Bauz. 1870, S. 75; 1876, S. 150.
- LOEFF, P. Entwürfe zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelbrennereien, in vollständig ausgeführten Zeichnungen nebst gründlicher Anleitung zum Betriebe derartiger Anlagen. 2. Aufl. Leipzig 1873.
- SCHÜLKE, H. & F. WIEBE. Untersuchung über die absolute Festigkeit verschiedener Mörtel. Deutsche Bauz. 1875, S. 334.
- KLOSE, H. Der Portland-Cement und seine Fabrikation. Wiesbaden 1876.
- BEHRMANN, TH. Beiträge aus Rußland zur Kenntniß des Portland- und Roman-Cements. Riga 1876.
- MICHAELIS, W. Zur Beurtheilung des Cementes. Berlin 1876.
- CHARPENTIER, A. *Des chaux et de matières hydrauliques au point de vue de l'hygiène dans l'art de construire.* Paris 1877.
- Nutzwert der verschiedenen hydraulischen Mörtelmaterialien. Deutsche Bauz. 1878, S. 29.
- Rheinischer Traß. Deutsche Bauz. 1878, S. 311.
- ZWICK, H. Kalk- und Luftmörtel etc. Wien 1879.
- ZWICK, H. Hydraulischer Kalk und Portland-Cement etc. Wien 1879.
- HAUENSCHILD, H. Katechismus der Baumaterialien. Theil II: Die Mörtelsubstanzen. Wien 1879.
- STEGMANN, H. Die Kalk-, Gyps- und Cementfabrikation. Berlin 1879.
- WOLFF, E. W. Ueber Mörtel-Mischungen und Mörtel-Proben. Deutsche Bauz. 1879, S. 292.
- NAGEL, H. Die Bereitung und Verwendung der Cemente, ferner die Zusammenfetzung und Verwendung des Glases. Stuttgart 1880.
- Deutsche bautechnische Taschenbibliothek. Heft 58: Der Portland-Cement. Von W. W. MACLAY. Deutlich von B. STAHL & R. RUDOLFF. Leipzig 1880.
- DYCKERHOFF, R. Eigenschaften und Festigkeit verschiedener hydraulischer Mörtel- und Betonforten, insbesondere aus Portland-Cement. Deutsche Bauz. 1880, S. 120.
- DUQUESNAY. *Calcaires, chaux, ciments, mortiers.* Paris.
- MACLAY, W. Der Portlandcement u. f. w. Leipzig 1880.
- ERDMENGER, L. Eine Bemerkung über Festigkeitserhöhung von Portland-Cement-Mörtel durch Zusätze. Deutsche Bauz. 1880, S. 461.

- LEHMANN, O. Zur Frage der Festigkeits-Erhöhung von Portland-Cement-Mörtel durch Zusätze. Deutsche Bauz. 1880, S. 500.
- REDGRAVE, G. R. *The use of cements. Builder*, Bd. 39, S. 651.
The manufacture of Portland cement. Building news, Bd. 38, S. 505, 537, 591, 620, 677, 707; Bd. 39, S. 5.
- What is mortar. Building news*, Bd. 39, S. 231, 262.
- REDGRAVE, G. R. *The early days of Portland Cement. Building news*, Bd. 39, S. 725.
- JANSEKOWITSCH, O. Ueber die Verwendung des Cementes als Baumaterial. Klagenfurt 1881.
- FAIJA, H. *Portland cement*. London 1881.
- ERDMENGER, L. Festigkeits-Steigerung des Portland-Zement-Mörtels durch Farben-Zusätze. Deutsche Bauz. 1881, S. 81.
- DYCKERHOFF, R. Ueber Zement- und Traßmörtel. Deutsche Bauz. 1881, S. 260, 274.
- LANGE, W. Zur Frage der Verbesserung des Zementmörtels durch Luftkalkzusätze. Deutsche Bauz. 1881, S. 323.
- STAHL, B. Ueber Dichtigkeit von Cement und Cementputz. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 162. Gefchliffener Portland-Cement. Baugwks-Ztg. 1881, S. 611.
- Zur Kenntniß des Cementes. Polyt. Journ., Bd. 241, S. 133, 199, 310.
- HAUENSCHILD, H. Zur Frage der Erhärtung von Kalkmörtel. Notizbl. d. Ziegl.- u. Kalkbr.-Ver. 1881, S. 68.
- PRÉAUDEAU, DE. *Note sur quelques expériences relatives au dosage des mortiers et des bétons. Annales des ponts et chaussées* 1881—II, S. 393.
- CUGNIN. *Recherches sur le dosage des mortiers. Nouv. annales de la const.* 1881, S. 39, 57, 71.
- BRULL, A. *Études sur les qualités du ciment de Portland. Nouv. annales de la const.* 1881, S. 150, 177, 199.
- MIDDLETON, R. E. *Portland cement: its manufacture and uses. Building news*, Bd. 43, S. 828. *Builder*, Bd. 44, S. 36.
- STROTT, G. K. Einiges über Gyps und Kalkstein, Alabafter und Marmor etc. Halle 1883.
- TETMAJER, L. Normen für einheitliche Nomenclatur, Classification und Prüfung der Bau- und Constructionsmaterialien. Hydraulische Bindemittel. Herausg. durch den Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürich 1883. — 4. Aufl. 1901.
- ARNOLD, H. Ueber den Einfluß des Sandes auf die Festigkeit der Cementmörtel. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1883, S. 495.
- TETMAJER, L. Ueber den Erhärtungsvorgang hydraulischer Bindemittel. Schweiz. Bauz., Bd. 1, S. 53.
- TETMAJER, L. Zur Frage der Prüfung und Classification hydraulischer Bindemittel. Schweiz. Bauz., Bd. 1, S. 123.
- FAIJA, H. *Portland cement and concrete. Building news*, Bd. 44, S. 236.
- PERRODIL, DE. *Sur la marche du durcissement des mortiers de ciment de Portland dans l'eau et dans l'air, ainsi que sur la formation et sur l'influence de l'hydrosilicate et du carbonate de chaux dans ce phénomène. Annales des ponts et chaussées* 1884—I, S. 592.
- FEICHTINGER. Chemische Technologie der Mörtelmaterialien. Braunschweig 1885.
- BELELUBSKY, N. Zur Normenfrage für Cemente. Rigafche Ind.-Zeig. 1885, S. 277.
- CANDLOT, F. *Étude pratique sur le ciment de Portland etc.* Paris 1886.
- SCHULATCHENKO, A. Ueber die Nomenclatur der Luft- und Wassermörtel. Civiling. 1886, S. 561.
- TARNAWSKI, A. Kalk, Gyps, Cementkalk und Portland-Cement in Oesterreich-Ungarn etc. Wien 1887.
- HARTIG, E. Zur Begriffsbildung in der Mörteltechnik. Civiling. 1887, S. 537.
- BONNAMI, H. *Fabrication et controle des chaux hydrauliques et des ciments etc.* Paris 1888.
- Der Gyps als Baumaterial. Deutsche Bauz. 1889, S. 415.
- ALEXANDRE, P. *Recherches expérimentales sur les mortiers hydrauliques. Annales des ponts et chaussées* 1890—II, S. 277.
- CANDLOT, E. *Ciments et chaux hydrauliques etc.* Paris 1891.
- Der Portland-Cement und seine Anwendung im Bauwesen. Bearbeitet im Auftrage des Vereins deutscher Portland-Cement-Fabrikanten. Berlin 1892.
- BÜSING, F. W. & C. SCHUMANN. Der Portland-Cement und seine Anwendung im Bauwesen. Berlin 1892. — 2. Aufl. 1899.
- TETMAJER, L. Hydraulische Bindemittel. Zürich 1893.
- BERNHARD, L. Gipsabgüsse, Stuckarbeiten und künstlicher Marmor etc. Frankfurt a. M. 1893.
- HARTIG. Das elastische Verhalten der Mörtel und Mörtelbindematerialien. Civiling. 1893, S. 435.
- CASTNER, W. Der Cement und seine rationelle Verwerthung zu Bauzwecken etc. Leipzig 1894.

- MACK, L. Ueber hydraulischen Gips (Cementgips) und über das fog. Alaunifiren des Gipfes. Stuttgart 1896.
- SCHOCH, C. Die moderne Aufbereitung der Mörtelmaterialien. Berlin 1896 — 2. Aufl. 1904. Beiträge zur Mörtelbereitung. Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1896, Wochenausg., S. 129.
- LUCHT, PH. J. Kurze Anleitung für die Verarbeitung und Verwendung von Portland-Cement etc. Frankfurt a. M. 1897.
- ZAMBONI, C. *Proposition d'une formule rationelle pour déterminer la quantité d'eau qu'on doit employer dans la confection des mortiers normaux d'essai.* Baumaterialienkde., Jahrg. 2, S. 31.
- BACH, v. Die scheinbare und die wahre Zugfestigkeit, insbesondere des Zementes. Deutsche Bauz. 1898, S. 107.
- MICHAËLIS, W. Der Erhärtungsprozeß der kalkhaltigen hydraulischen Bindemittel. Baumaterialienkde. 1898, S. 49.
- NÁNDOZ, N. Das Verhalten der hydraulischen Bindemittel zum Meerwasser. Zeitschr. d. öft. Ing.-u. Arch.-Ver. 1898, S. 504.
- UNNA, A. Die Bestimmung rationeller Mörtelmischungen etc. Köln 1899.
- UNNA, A. Die Bestimmung rationeller Mörtelmischungen unter Zugrundelegung der Festigkeit, Dichtigkeit und Kosten des Mörtels. Köln 1899. — 2. Aufl. 1900.
- PEDROTTI, M. Der Gips und seine Verwendung. Wien 1901.
- NASKE, C. Die Portland-Cement-Fabrikation etc. Leipzig 1903.
- ROHLAND, P. Der Portland-Zement vom physikalisch-chemischen Standpunkte. Leipzig 1903.
- BIRD, J. *Chaux hydrauliques et ciments Portland de Lafarge et du Teil.* Paris 1903.
- ROHLAND, P. Der Stuck- und Eltrichgips etc. Leipzig 1904.

Literatur

über „Prüfung von Zementen und Mörteln“, einschl. „Prüfungsvorrichtungen“.

- WYLSON, J. *Elementary essay on mortar and cements.* Builder, Bd. 2, S. 254, 261, 285.
- ERDMENGER, L. Zementprüfung in der Alltäglichen Baupraxis. Deutsche Bauz. 1878, S. 234, 244. Amtliche Einführung der Normen über einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Zement. Deutsche Bauz. 1878, S. 485.
- FRIEDRICH. Ueber Zugfestigkeit von Zement. Deutsche Bauz. 1879, S. 332.
- WOLFF, E. W. Ueber Mörtel-Mischungen und Mörtel-Proben. Deutsche Bauz. 1879, S. 292. Apparate zur Prüfung von Cementmörtel. Polyt. Journ., Bd. 233, S. 318.
- STUDT's Dynamometer zur Prüfung von Zement-Proben. Ann. f. Gwb. u. Bauw., Bd. 4, S. 212.
- STAHL, B. Verbesserung an dem Cementprüfungsapparat von Dr. Michaëlis. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 112.
- Bericht des Cement-Comités über die Bestimmungen für die einheitliche Benennung der zu Bauzwecken verwendeten hydraulischen Bindemittel, und die einheitliche Lieferung und Prüfung derselben. Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1880, S. 81.
- MICHAËLIS, W. Zur Prüfung des Cements. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 666, 679.
- KRAFT, W. Zugfestigkeits-Apparat zur Prüfung von Portland-Cement. Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1881, S. 9.
- Messrs. Francis and Co.'s cement works, Cliffe, Kent.* Engineer, Bd. 53, S. 57.
- HAUENSCHILD, H. Neuer Mörtelprüfungs-Apparat. Baugwks.-Ztg. 1882, S. 286.
- TETMAJER, L. Normen für einheitliche Nomenclatur, Classification und Prüfung der Bau- und Constructionsmaterialien. Hydraulische Bindemittel etc. Zürich 1883.
- TETMAJER, L. Zur Frage der Prüfung und Classification hydraulischer Bindemittel. Schweiz. Bauz., Bd. 1, S. 123.
- FRÜHLING, H. Prüfung des Kalk-Mörtels. Deutsche Bauz. 1884, S. 409.
- Warum kann die Zugfestigkeitsprobe mit drei Teilen Sand nicht als Werthmesser für verschiedenartige hydraulische Bindemittel benutzt werden? Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 203.
- Fairbank's* Cement-Prüfer. Techniker, Jahrg. 6, S. 115.
- Michelès patent automatic cement testing machine.* Builder, Bd. 48, S. 283. Engineer, Bd. 59, S. 478.
- Faija's cement mill and testing apparatus.* Engineer, Bd. 60, S. 432.
- Michelès cement testing machine.* Engng., Bd. 39, S. 251.
- Cement testing machines.* Railroad gazette, Bd. 17, S. 388.

- BOURY, E. *Méthode et appareils pour l'essai des agglomérants et des mortiers hydrauliques. La Semaine des const.*, Jahrg. 11, S. 272.
Cement testing machine. Engng., Bd. 44, S. 12.
Arnold's cement tester. Builder, Bd. 53, S. 579.
 Die k. k. ö. ö. Prüfungsanstalt für hydraulische Bindemittel in Wien. Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1889, S. 193, 198, 202.
 FOSS, A. Bestimmung des Kalkgehalts in Kalkmörteln auf dem Bauplatze. *Baugwks.-Ztg.* 1889, S. 528.
 TETMAJER, L. Der schweiz. Normalapparat zur Prüfung der Druckfestigkeit hydraulischer Bindemittel. *Schweiz. Bauz.*, Bd. 13, S. 7.
Cement tester. Engng., Bd. 48, S. 623.
 MICHAËLIS, W. Vorrichtung zur Ermittlung der Haftfestigkeit des Mörtels. *Baugwks.-Ztg.* 1891, S. 101.
 GREIL. Apparat zur Bestimmung der Abbindeverhältnisse hydraulischer Bindemittel mit automatischer Regiführung. *Zeitschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1893, S. 371.
 Methoden und Resultate der Prüfung hydraulischer Bindemittel. Zürich 1894.
 Apparate und Maschinen zur Prüfung von Baustoffen, besonders Zement. HAARMANN's *Zeitschr. f. Bauhdwk.* 1896, S. 115, 123.
 Traßprüfung. *Centralbl. d. Bauverw.* 1897, S. 179.
 Die Prüfungsmethoden des Cements. UHLAND's *Techn. Rundschau.* 1898, Gruppe II: Bau-Industrie, S. 15.
 ZIELINSKI, C. Vergleichende Untersuchungsmethode der Roman-Cemente etc. Budapest 1901.
 Außerdem die vorher angegebenen Werke.

m) Mörtelmaschinen.

Im Vorhergehenden ist bereits mehreres über die Bereitung des Mörtels, namentlich insoweit sie durch Handarbeit geschieht, gesagt worden; insbesondere sind die Hauptgrundsätze, die bei der Mörtelbereitung maßgebend sind, angegeben worden. Einige hier einschlägige Einzelheiten wird auch Teil 1, Band 3 (Bauführung) dieses „Handbuches“ bringen. Demgemäß werden wir uns an dieser Stelle ziemlich kurz fassen können.

Aus der Wirkungsweise der Mörtel geht hervor, daß alles, was die Annäherung ihrer einzelnen Bestandteile befördert und was die Gleichmäßigkeit der Mischung erhöht, die Güte des Mörtels verbessern müßte, und zwar in einem Grade, welcher genau durch die Elemente des *Stefan'schen* Gesetzes gegeben ist.

Bei der Schwierigkeit, einen vollkommen gleichmäßigen Mörtel mittels Handarbeit zu erzielen, und bei dem gewaltigen Mörtelbedarf der großen Bauten der Neuzeit hat auch hier die Benutzung von Maschinen schon frühzeitig Eingang gefunden.

Unter den verschiedenen Konstruktionen von Mörtelmaschinen lassen sich im wesentlichen drei Systeme unterscheiden: Maschinen mit Zinken, mit Quetschwerk und mit Messern.

1) Mörtelmaschinen mit Zinken haben den Vorteil, daß bei ihnen alle Zwischengetriebe, wie Räder, Riemen usw. entbehrlich sind, da man einen der Arme, welche die mischenden Zinken tragen, verlängern und die Pferde unmittelbar daran spannen kann; dagegen wird die Arbeit des Mengens von ihnen nicht gehörig vollführt.

Hierher gehört die älteste Konstruktion einer Mörtelmaschine, jene von *Perronet*; sie ist nichts als eine kreisrunde, flache Rührvorrichtung nach Art der Tonrührwerke, entweder mittels Göpel für Pferdebetrieb oder für Maschinenantrieb eingerichtet. Das Mischen vollbringen abwärts bis auf die ringförmige Mischbahn reichende Zinken, welche an einem Querarm gut verankert sind und schaufelartige Fortsätze tragen, wodurch ein stetes Umwenden und Durchmischen bewirkt wird.

Ein Pferd kann mit einer solchen Mörtelmaschine in der Stunde 4 bis 5 cbm Mörtel fertigtellen.

163.
Mörtel-
maschinen.

164.
Maschinen
mit
Zinken.

2) Mörtelmaschinen mit Quetschwerk. In einer offenen Pfanne wird die Mischung durch umlaufende Quetschwalzen bewirkt, oder es wird die Pfanne unter den rotierenden Walzen in Umdrehung gesetzt. Der Nutzeffekt ist den neueren Maschinen mit Messern gegenüber ein geringer; auch macht man solchen Vorrichtungen den Vorwurf, daß der Sand zerdrückt wird, was allerdings bei Sanden, die sehr grobe Körner enthalten, kein Nachteil ist, jedenfalls aber die Flächenanziehung befördern hilft.

Man hat auch die beiden Systeme mit Quetschwerk und mit Zinken vereinigt und damit eine Maschine erzielt, welche eine bessere Nutzleistung gibt und sich für Pferdebetrieb gut eignet.

Als Beispiel diene die Maschine von *Le Brun*, welche, wie die *Perronet'sche*, eine kreisrunde Mischbahn mit lotrechter Welle besitzt; aber an der Welle sitzen an Armen 4 Paar schwere Wagenräder, welche den Mörtel kneten und die Knollen zerdrücken, während 4 Arme mit Zinken die

niedergewalzte Mörtelmasse hinter jedem Rade wieder aufrühren und umwenden. Nachdem die Masse genügend gemischt ist, werden zwei die ganze Mischbahn quer durchsetzende Schaufeln, welche, bisher aufgehängt, sich mitdrehen, herabgelassen, und gleichzeitig wird ein Schieber am Boden derselben geöffnet. Dadurch wird der fertige Mörtel rasch entfernt.

In das vorliegende System sind auch die Kollergänge einzureihen, von denen Fig. 26, der vom *Grufonwerke* in Magdeburg nach dem System *Boeklen* gebaute, ein Beispiel gibt ¹¹⁰⁾.

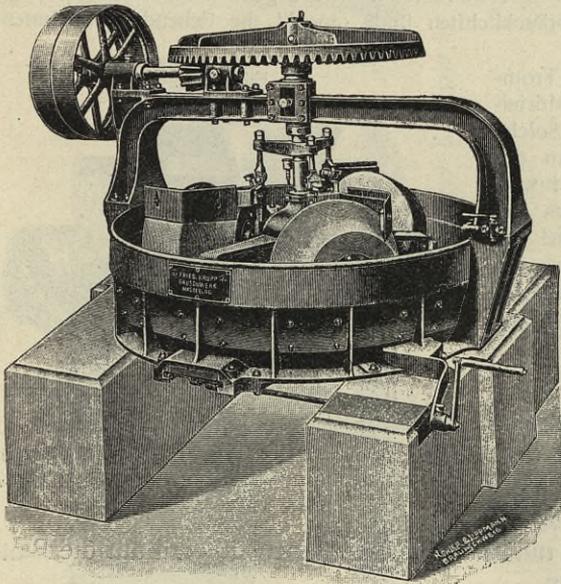
Nach der im unten genannten Aufsatze gegebenen Beschreibung besteht er „aus einer gußeisernen Schale, in der drei Hartgußläufer von doppelkonischer oder besser noch balliger Form um eine Spindel rotieren, die in einer Traversen mit Halslager und in einem Spurlager läuft. Die Läuferachsen sind mit der Spindel gelenkartig verbunden und können durch eine Aufhängevorrichtung in bestimmtem Abstände über dem Boden festgehalten

werden, so daß event., also z. B. bei genügend feinem Sande, nur ein Kneten der Masse, nicht aber ein Zerkleinern der Sandkörner stattfindet. Am Boden laufen dann noch Scharren mit der Spindel um, die das bei Seite gedrückte Mischgut immer wieder den Läufern zuführen. Der Betrieb erfolgt chargenweise, die Entleerung durch einen Schieber mit Handhebel oder Kurbel“.

3) Mörtelmaschinen mit Messern. Es war naheliegend, den Grundgedanken der Tonchneider für die Mörtelbereitung zu verwenden; die neueren Maschinen sind fast ausschließlich nach diesem System gebaut. Der Mörtel wird in zylindrischen Trommeln, die im Inneren mit Messern besetzt sind, gemischt. Man hat Maschinen mit lotrecht, mit schräg und mit wagrecht liegender Mischtrommel.

Roger in Paris hat den stehenden Tonchneider für die Zwecke der Mörtelbereitung umgeändert, und die französischen Architekten und Ingenieure arbeiten vielfach mit feinen Maschinen. Diese sind nichts als stehende Zylinder mit einer oberen trichterförmigen Mündung und lotrechter rotierender Messerwelle im Inneren. Drei Kränze von spiralförmig gestellten Armen mit Seiten-

Fig. 26.



Kollergang von *Boeklen* ¹¹⁰⁾.

165.
Maschinen
mit
Quetschwerk.

166.
Maschinen
mit
Messern.

¹¹⁰⁾ Fakf.-Repr. nach: SCHOCH, C. Die Kalksandfeinfabrikation, Fig. 6.

zinken, wovon der mittlere an der Außenwand festitzt, kneten und mengen den Mörtel, indem sie ihn zugleich nach dem Boden zu drücken. Dasselbst befindet sich ein sternförmiges System von breiten Flacheisen, welches durch eine Anzahl Schlitze im Boden den fertigen Mörtel durchpreßt. Die Leistung ist durchschnittlich die von 8 Mörtelarbeitern. Am Hafenbau von Algier wurden sehr günstige Erfahrungen damit gemacht. — Die von *Boué* konstruierte Mörtelmaschine hat einen Eisenblech-Zylinder von etwa 1 m Höhe und 0,85 m Durchmesser, worin sich eine mit den radial gestellten Messern besetzte lotrechte Welle dreht; damit die Masse nicht zu schnell durch die Trommel hindurchgehe, sind im Inneren der letzteren noch ein paar feste Arme angeietet. Mittels einer 4-pferdigen Lokomobile können in 10 Stunden etwa 60 cbm Mörtel erzeugt werden. Ähnliche lotrecht stehende Mörtelmaschinen für Handbetrieb wurden beim Bau der Gotthardbahn verwendet.

Die lotrechten Mörtelmaschinen haben aber notwendig einen unvermeidlichen Fehler, nämlich daß besonders anfangs die Mischung wegen des Durchfallens der zu mischenden Mörtelbestandteile und wegen der ungleichen Schwere derselben nicht gleichmäßig genug ist. Dieser Übelstand wird durch die nach unten sich verengende Form des Trichters (abgetumpfter Kegel) der Mischmaschinen von *Bünger & Leyrer* in Düsseldorf verringert. Das nach unten sinkende Material wird in einen immer kleineren Raum gedrängt. Auch ist der Gang dadurch leichter, daß die Messer unten, wo der Widerstand des Materials infolge des auf ihm lastenden Druckes am größten ist, am kürzesten sind. Die genannten Übelstände fallen bei den Mörtelchneidern liegender Konstruktion weg, welche gegenwärtig in Deutschland am gebräuchlichsten sind, obwohl die stehenden Maschinen einen geringeren Kraftaufwand erfordern.

Bei den Maschinen mit schrägliegender Trommel wird die letztere, nachdem sie mit den Mörtelstoffen gefüllt ist, in Umdrehung gesetzt. Solche Maschinen werden häufig vorgezogen, wenn der Mörtel sofort zur Betonbereitung verwendet werden soll, weil er alsdann unmittelbar aus der Trommel in die untenliegende Betontrommel geleitet werden kann.

Unter den Maschinen mit wagrechter Trommel ragt besonders jene von *Schlickeyfen* hervor. Diese Mörtelmaschine hat sich bei vielen Bauten in Berlin, Hamburg usw. seit Jahren bewährt und ist jetzt so verbessert und hat solche unleugbare Vorteile gebracht, daß man nach dem Vorgange Berlins schon hie und da eigene Mörtelfabriken angelegt hat, welche, mittels Dampf betrieben, überall auf die Baustellen hin den fertigen Mörtel liefern.

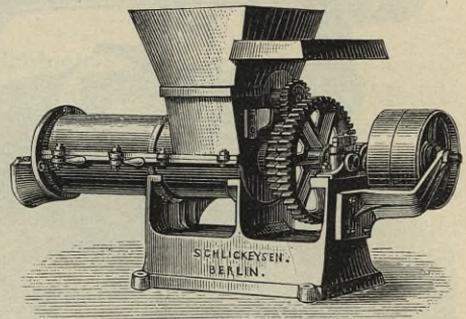
Ein liegender Zylinder mit spiralförmig an einer zentralen Achse und an den Außenwänden angeordneten Knetmessern empfängt aus einem Trichter mit Regelungsvorrichtung immer die entsprechende Menge Kalkbrei und Sand, welche beide durch verhältnismäßige Becherwerksaufsätze zugeführt werden; der Sandaufzug ist außerdem noch mit einer Siebvorrichtung zur Entfernung des groben Kiefes versehen. Der fertige Mörtel verläßt am entgegengesetzten Ende des Zylinders denselben und fällt gleich in die Transportwagen. Gewöhnlich ist zur Erhaltung vollkommen sicher stetigen Betriebes eine Ersatzmaschine mit aufgestellt. Eine 6-pferdige Dampfmörtelanlage leistet in 10 Arbeitsstunden gegen 100 cbm Mörtel, ersetzt demnach reichlich 50 Mörtelmacher und versorgt 300 Maurer mit Mörtel, angenommen, daß ein Maurer täglich 500 Backsteine (Normalformat) vermauert und auf 1000 Ziegel $6\frac{2}{3}$ hl Mörtel benötigt.

Fig. 27 bringt eine Ansicht dieser viel verbreiteten Mörtelmaschine.

Vorzüglich ist die in Fig. 28 dargestellte muldenförmige Mörtelmaschine der mehrfach genannten Baumaschinenfabrik *Bünger & Leyrer* zu Düsseldorf-Derendorf. Diese hat eine 3 m lange Mulde, so daß das gesamte Mischgut einen 3 m langen Weg, auf dem es fortwährend durcheinander gearbeitet wird, zurücklegen muß. Leistungsfähigkeit durchschnittlich 5 cbm in 1 Stunde.

Ein Vorteil der wagrechten Maschinen liegt noch darin, daß die Lager der

Fig. 27.



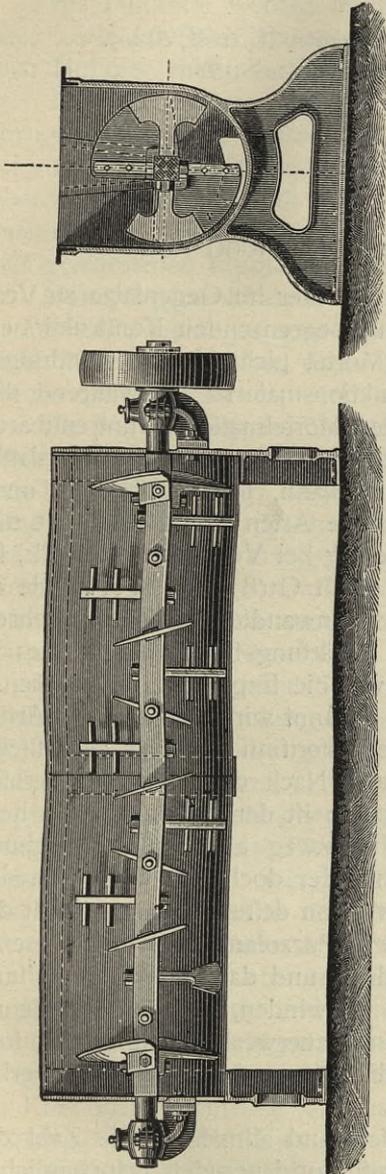
Mörtelmaschine von *Schlickeyfen* in Berlin.

Welle nicht so mit dem Mörtel in Berührung kommen wie bei den lotrechten, was den Gang der Maschine erleichtert und die Dauerhaftigkeit erhöht.

Kleinere wagrechte Mörtelmaschinen mit Kurbelantrieb, mit 2 Knetachsen und abwechselnden Messern baut die Georgs-Marienhütte in Osnabrück. Sie leisten in der Stunde zwar nur 1,0 bis 1,5^{cbm} Mörtel mit zwei Mann an der Kurbel, haben aber den Vorteil der leichten Transportierbarkeit¹¹¹⁾.

Bei richtiger Auswahl der Mörtelmaschine erpart sie reichlich doppelt die Kosten der Handmischung bei auffallend und unzweifelhaft gesteigerter Güte des Mörtels und Ersparung an Bindemittel. Nicht wenig hat auch, besonders in großen Städten, die Raumerparnis zur jetzt so allgemein gewordenen fabrikmäßigen Herstellung von Maschinenmörtel beigetragen.

Fig. 28.



Mörtelmaschine der Düffeldorfer Baumaschinenfabrik Büniger & Leyrer in Düffeldorf-Derendorf.

Literatur

über „Mörtelmaschinen“.

- LECOINTE, A. Bemerkungen über einige mechanische Verfahrungsarten zur Bereitung des Mörtels und Betons. Allg. Bauz. 1843, S. 399.
- Mörtelmaschine von ROGER. *Journ. de l'arch.* 1850, S. 93. *Polyt. Centralbl.* 1850, S. 1356.
- OPPERMANN. Notiz über eine bei dem Baue der Innerste-Brücke im Gebrauch befindliche Mörtelmaschine. *Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1852-53, S. 11.
- LENTZE. Mörtelmühle für den Bau der Weichelbrücke bei Dirschau. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1861, S. 378.
- FRANZIUS. Kritik der gebräuchlichen Mörtelmaschinen. *Deutsche Bauz.* 1868, S. 136.
- Mörtelbereitungsmaschine. *ROMBERG's Zeitfchr. für prakt. Bauk.* 1870, S. 199.
- KOPKA. Die mechanische Mörtel- und Beton-Bereitung. *HAARMANN's Zeitfchr. für Bauhdw.* 1871, S. 97, 116, 131, 145.
- PÜTSCH, A. Mörtelmaschinen. *Baugwks.-Ztg.* 1871, S. 367, 375.
- Ueber Mörtelmaschinen. *Maschinenb.* 1871, S. 375.
- Mörtelmühle mit Selbstentleerungsapparat. *HAARMANN's Zeitfchr. für Bauhdw.* 1871, S. 188.
- Ueber Mörtelmaschinen. *Deutsche Bauz.* 1873, S. 226.
- RABITZ, C. Die Mörtelbereitungs-Maschine. *Baugwks.-Ztg.* 1874, S. 188.

Fabrikmäßige Mörtelherstellung für Berliner Bauten. *Deutsche Bauz.* 1876, S. 230.

RÜHLMANN, M. *Allgemeine Maschinenlehre.* Band 2. 2. Aufl. Braunschweig 1876. S. 296-307.

SCHLICKEYSEN. Verbesserungen an Ziegel-, Torf- und Mörtelmaschinen. *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 181.

¹¹¹⁾ Näheres über Mörtelmaschinen siehe in: *Handbuch der Ingenieurwissenschaften.* Bd. IV. Abth. 3, Lief. 4. Leipzig 1888. Kap. XV: Mörtelmaschinen. Von E. SONNE. - Ferner im Katalog der Düffeldorfer Baumaschinenfabrik Büniger & Leyrer in Düffeldorf-Derendorf.

- Transportable Mörtelmühle. Maschinenb. 1880, S. 185.
Gubbins' mortar mixing machine. Engineer, Bd. 52, S. 347.
 Einiges über Mörtelmaschinen. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 299.
 Neue Mörtelbereitmachmaschine. Deutsches Bauwksbl. 1882, S. 291.
 UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Band II. Leipzig 1883.
 S. 136.
 Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Bd. IV, Abth. 3, Lief. 4. Leipzig 1888. Kap. XV: Mörtel-
 maschinen. Von E. SONNE.
 Mörtelmaschine von *Brück, Kretschel & Co.* in Osnabrück. Bauwks.-Ztg. 1888, S. 307.
 Maschine zum Mischen von Beton und Mörtel. Schweiz. Bauz., Bd. 14, S. 150.

4. Kapitel.

Beton.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

167.
 Betonarten.

Unter dem allgemeinen Namen Beton fassen wir hier im Gegensatze zu Verbandmauerwerk jenen für die Herstellung von raumbegrenzenden Konstruktionen dienenden Baustoff zusammen, bei welchem der Mörtel nicht bloß Verbindungsmaterial, sondern gleichzeitig eigentliches Konstruktionsmaterial ist, während die damit verbundenen Steine, die mit der umhüllenden Mörtelmasse ein untrennbares Ganze bilden, als Füllstoff auftreten. Da das Aufführen von ursprünglich plastischem Mauerwerk nur zwischen Lehren geschehen kann, so unterscheidet man auch bezüglich letzterer zwei wesentlich verschiedene Arten von Beton. Ist die Lehre bleibend, vertritt sie die Stelle der Verblendung bei Verbandmauerwerk, so ist der Beton nur Füllmasse, wenn auch tragend; er ist Gußmauerwerk, wie es die Römer, Mauren und die Meister des Mittelalters anwandten. Oder die Lehren sind bloß Gerühtwerk, welches bis zur erfolgten Erhärtung stehen bleibt; dies ist alsdann der eigentliche Beton oder *Concrete*¹¹²⁾, wie die Engländer ihn nennen.

Zu Beton, der bisweilen auch Grobmörtel genannt wird, werden alle Arten Mörtelstoffe verwendet und auch die im gemeinen Wortlinn nicht als eigentliche (chemische) Mörtel betrachteten Stoffe, wie Asphalt. Nach dem Bindstoff erhält auch der Beton seine nähere Bezeichnung. Luftbeton ist der mit Luftmörtel hergestellte Beton. Was man in der Baupraxis schlechtweg als Beton bezeichnet, wird stets aus hydraulischen, beim Erhärten nicht oder doch nur wenig schwindenden Mörteln hergestellt. Das alte Gußmauerwerk, von dessen Dauerhaftigkeit das Pantheon in Rom ein glänzendes Zeugnis gibt, war Puzzolanmörtel mit so wenig schwindender Masse, daß das Setzen der Verblendung und das Setzen der Füllung einander gleich blieben, nicht bloß im linearen Schwinden, wodurch überhaupt von vornherein die Möglichkeit eines dauerhaften Mauerwerkes bedingt ist, sondern auch im zeitweisen Schwinden, wodurch die Dauer eines Gußmauerwerkes gewährleistet wird.

Mit dem Verfall der Gußmörtel-Technik schwand allmählich die Zahl der gelungenen Gußmörtelbauten; bei der noch heute fortdauernden ursprünglichen Weise der Mörtelbehandlung, welche durch den Gegensatz zwischen den Ergebnissen der Mörtelprüfungen und der aus diesen Mörteln aufgeführten Bauten grell beleuchtet wird, fand bis vor kurzem der eigentliche Beton, das Stampfmauer-

¹¹²⁾ Nach *Paisley* sollen die Engländer *Concrete* (vom Lateinischen *concreſco*) zuerst 1817 angewendet haben. — In Deutschland werden häufig „Beton“ und „Konkrete“ als nicht gleichbedeutend angesehen. Nicht selten wird für den Konkretebau als kennzeichnend angegeben, daß statt der Steinbrockey oder auch neben diesen anderweitige Füllstoffe, wie Asche, Schlacken usw., zur Anwendung kommen.

werk, welches Monolithe herftellen foll; nur felten fo viel Vertrauen, um mit der 10fachen Sicherheit nicht als Wagnis zu gelten; jedoch ift in den letzten Jahren durch Klarlegung der Grundfätze fachgemäßer Mörteltechnik und durch fcharfe Befolgung derfelben in der Praxis, namentlich aber durch mafchinelle Mifchung und Verarbeitung, fowie die Verbindung mit Eifeneinlagen, die Anwendung von Beton auch im Hochbau immer allgemeiner geworden.

Als Füllstoffe werden in den meiften Fällen natürlicher Fluß- und Grubenkies, fowie künstlich klein gefchlagene Steinfstücke verwendet; außerdem werden auch Hohofenschlacken, Steinkohlenafche ufw. gebraucht.

168.
Füllstoffe.

Man fordert von den zur Betonbereitung dienenden Steinfstücken, daß ihre Korngröße nicht zu verschieden fei und 4 bis 5 cm nicht überfteige; ferner daß fie frei von Staub-, Schlamm- und Erdteilchen feien und daß fie eine möglicht rauhe Oberfläche haben, damit der Mörtel better anhafte. Die Erfüllung der letztgenannten Bedingung ift indes nicht unbedingt notwendig, da man auch mit ganz glatt gefchliffenen Flußkiefeln einen guten Beton erzeugen kann.

Man pflegt wohl auch noch als Bedingung aufzuftehlen, daß zum Beton besonders harte Steine zu verwenden feien; indes ift dies nicht richtig, da es genügt, folche Steine zu wählen, deren Druckfestigkeit der Druckfestigkeit des erhärteten Mörtels gleichkommt.

Die Verbindung zwischen Steinfschlag und Mörtel wird eine um fo innigere werden, je mehr die in den Berührungsflächen der Steinbrocken fteckenden Teile derfelben durch Feuer aufgefchloffen find. Es empfehlen fich deshalb in erfter Reihe Dolerit, Bafalt, Trachyt, Lava, Porphyry ufw.; aus gleichem Grunde geben auch Brocken aus normal gebrannten Backfteinen einen guten Füllstoff ab, vorausgefetzt, daß fie gar gebrannt, keine Bleicher und nicht fchlackig find¹¹³⁾. Außer diefen Materialien wird auch Steinfschlag aus fetteren Sand- und Kalkfteinen, aus Grauwacke ufw. angewendet.

Die fchon gedachten Hohofenschlacken find gleichfalls mit Erfolg zur Betonbereitung benutzt worden, wobei ihre hydraulifchen Eigenschaften und die verhältnismäßige Billigkeit zugute kommen. Dadurch entfteht fog. Schlackenbeton, welcher elastifch ift und in kurzer Zeit (7 Tagen) dieselbe Festigkeit erlangt wie der mit betteren Zufchlägen hergefstellte Beton; jedoch ift die Nacherhärtung nur gering. Diefelbe Schlacken-, Ziegel- ufw. Betons find infolgedeffen, fowie wegen ihrer großen Porofität nur dort empfehlenswert, wo man fich mit einer geringeren Festigkeit begnügen kann und mehr Gewicht auf die geringere Eigenlaft, bettere Wärmeifolierung, rafchere Arbeit und niedrigere Kosten legt¹¹⁴⁾.

Die fcharfkantig ebenen Begrenzungsflächen des gefchlagenen Steines find der Ineinanderlagerung und der erreichbaren Festigkeit günstiger als die abgerundeten, krummflächigen von Flußgefchieben oder Flußkies. Nach *Tetmajer* beträgt bei fog. Normalbeton, bei dem Normalmörtel sämtliche Zwischenräume von Kies oder Steinfschlag fatt ausfüllt, die Druckfestigkeit nach 28 Tagen Wassererhärtung bei fcharfem Kies 351 kg, bei rundem Kies 282 kg für 1 qcm; dagegen tritt die eigentliche Mörtelfestigkeit beim runden Kies mehr hervor und infbesondere das größere Anhaftungsvermögen von Portlandzementmörtel gegenüber fchwächeren Bindemitteln.

Unter beftimmten Umständen wird ftatt Kies und Füllstoff einfach Sand verwendet, und in diefem Falle tritt die Korngröße des Sandes als wirkfamer

¹¹³⁾ BÜES, C. Beiträge zur Beton-Frage. Deutsche Bauz. 1874, S. 53.

¹¹⁴⁾ SCHUSTLER, J. Cement- und Betonproben. Zeitschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, Nr. 72 u. 73.

Faktor in der Weise in Geltung, daß feinkörniger Sand, weil seine Zwischenräume kleineren Durchmesser haben und Kapillarröhren darstellen, gegen Ausspülung durch bewegtes Wasser mehr schützt als grobkörniger Sand. Zum sog. Sandbeton, der in neuester Zeit mit Erfolg bei Hafenbauten verwendet wird, kommen hochmagere Feinsandmischungen zur Anwendung, welche dem Wellenschlag besser widerstehen als Kiesbeton. Auch ist Sandbeton dort empfehlenswert, wo es auf Erzielung von Wasserdichtigkeit ankommt.

Häufig wird zu Beton Kies verwendet, bei dem alle Korngrößen und Formen bis zum feinsten Sand gemischt erscheinen, und dadurch werden die Zwischenräume sehr günstig ausgefüllt; deshalb erreicht auch Beton aus gemischtem Kies hohe Festigkeit. Da die Zwischenräume gleichgroßer Körper in regelloser Lagerung etwa 40 Vomhundert betragen und der Durchmesser der Hohlräume dabei zwischen $\frac{2}{5}$ und $\frac{1}{6}$ der Körperdurchmesser beträgt, so wäre die günstigste Mischung für Kies von 5^{cm} Durchmesser eine dementsprechend abgestufte Mischung verschiedener Korngrößen, die zuletzt den Mindeltzwischenraum oder die dichteste Lagerung ergeben, die annähernd entspräche:

auf 1000 Raunteile von 50 mm Durchmesser				
+ 200	"	"	20 "	"
+ 200	"	"	8 "	"
+ 40	"	"	5 "	"
+ 80	"	"	3 "	"
+ 40	"	"	1,3 "	"
+ 16	"	"	0,8 "	"
+	

In Wirklichkeit ist das Verhältnis natürlich sehr wechselnd, je nachdem die Korngrößen verschieden sind und je nach dem Verwendungszwecke.

Für Luftbeton, bei dem es wünschenswert ist, daß er behufs Vermittlung der Lüftung möglichst porös ist und beim Durchtritt der Kohlenäure zur Erhärtung beiträgt, also bei Verwendung von Kalkmörtel oder Zement-Kalkmörtel, ist die Menge Füllstoff Kies plus Sand am größten und nur so viel Bindemittel nötig, um die sich sonst unmittelbar berührenden Flächen des Füllstoffes zu verkitten, ohne ihre körperlichen Zwischenräume auszufüllen. Je mehr die Bestandteile durch Stampfen einander genähert und ineinander verkeilt werden, desto sparsamer ist der Zusatz von Bindemittel bei noch genügender Festigkeit gestattet. Deshalb ist bei Hochbauten stets die Verwendung von Beton mit überschüssig vorwiegenden Füllstoffen oder magerem Beton angezeigt.

Wenn es sich dagegen um Abschluß von Wasser und Feuchtigkeit handelt, beim hydraulischen Beton, gilt das Gesetz von *Rondelet*: die nötige Menge Bindemittel ist gleich der Summe der Hohlräume des Füllstoffes. Besonders hat sich nach *Schustler*¹¹⁴⁾ der zur Hälfte aus Portlandzement und zur Hälfte aus Romanzement gemischte Beton für unterirdische Bauten günstig erwiesen, weil seine Festigkeit nicht geringer, die Dichtigkeit aber größer ist als die des reinen Portlandzementbetons.

Die Bestimmung der Hohlräume bei Betonmaterialien ist daher praktisch wichtig. Für groberen Schotter und Kies ist es genügend genau, wenn man nach der Vorschrift von *Rondelet* ein Maßgefäß mit dem betreffenden Material füllt und so lange Wasser darauf gießt, bis die Oberfläche von Kies mit der Wasserfläche gleich ist. Die Menge zugegossenen Wassers ist gleich der Summe der Hohlräume und soll bei sattem Beton durch eine gleich große Menge Mörtel

erletzt werden. Wegen der dickflüssigen Breikonfistenz des Mörtels ist aber zur allseitigen Umhüllung und Verkitzung, besonders bei Beton, der nur geschüttet, nicht gestampft werden kann, ein Übermaß von Mörtel nötig oder wenigstens rätlich, das nach *Tetmajer* + 5 Vomhundert, nach *R. Dyckerhoff* aber 15 Vomhundert betragen soll. Für latten Beton oder Normalbeton rechnet man deshalb 40 bis 50 Vomhundert Mörtel.

Vom Einflusse des Sandes auf die Festigkeit und Ausgiebigkeit des Mörtels ist schon in Art. 79 u. 83 (S. 141 u. 143) die Rede gewesen. Sowohl die Korngröße, als die Kornform können bei gleichem Bindemittel die Festigkeiten um 100 Vomhundert und mehr ändern. Als Beleg hierfür seien noch die Versuche von *Suchier* hierüber angeführt.

Portlandzementmörtel mit 3 Gewichtsteilen Sand nach 28 Tagen ergab

1) bezüglich der Korngröße: Feiner Staubfand (Sandfand)	10 kg für 1 qcm
Grobkörniger Sandfand (Streifand)	12 " " "
Feinfand (Verputzfand)	14 " " "
Normalfand	16 " " "
Gewöhnlicher Grubenfand, in allen Korngrößen gemischt	19 " " "
Flußfand (scharf und grobkörnig)	21 " " "
Kiesfand (in Erbfengröße)	23 " " "
Pochkies (sehr scharf und rein)	29 " " "
2) bezüglich der Kornform: Normalfand (scharf und eckig)	16 " " "
Gewöhnlicher Mauerfand (rundkörnig)	12 " " "
Schieferfand (weich)	8 " " "

Außer der Beschaffenheit des Sandes hat natürlich die Menge desselben den größten Einfluß auf die Mörtelfestigkeit. Tatsächlich ist auch durch viele Versuche nachgewiesen, daß die Festigkeit mit dem Prozentgehalt des Mörtels an Bindemittel im geraden oder mit dem Prozentgehalt des Mörtels an Sand im umgekehrten Verhältnis steht. Daß diese naheliegende Funktion nicht offenkundig ist, liegt nur daran, daß die Praxis nicht mit Prozentverhältnissen zu rechnen gewohnt ist, sondern das Bindemittel als Einheit der Mischung ansetzt und den Sand als abwechselnd im Sinne eines Divisors (statt eines Summanden schreibt ¹¹⁵).

Von der Festigkeit des verwendeten Mörtels hängt naturgemäß auch die Festigkeit des Betons ab; indes ist sie meist größer als die Mörtelfestigkeit an sich.

Je nach der Beanspruchung der Betonkonstruktion wird daher die Magerung des Mörtels geringer oder größer genommen, und da hierbei die Mörtelmenge mit steigendem Sandzusatz wächst, so wird bei steigender Magerung auch die Menge Kies wachsen müssen, die, auf die Mörtelmasse bezogen, so viele Zwischenräume hat, als durch den Mörtel ausgefüllt werden können. Von diesem Grundsatze ausgehend, ergeben sich die richtigen Mischungsverhältnisse für verschieden gemagerte Betonmischungen wie folgt:

Zement + Sand + Kies = 1 + 2 + 5; 1 + 3 + 6,5; 1 + 4 + 8,5 und 1 + 6 + 12.

Diese Mischungsverhältnisse sind von *R. Dyckerhoff* mit Rheinkies von 5 bis 30^{mm} Korngröße und 35 Vomhundert Zwischenräumen gefunden worden. Je nach den Hohlraumprozenten wird die Mörtelmenge in der Praxis stets schwanken; im allgemeinen aber gilt als Erfahrungsregel:

1) Satter Beton wird erhalten, wenn man den Kiesanteil etwa doppelt so groß nimmt als den Sandanteil, wobei man aber bei Materialien mit größerem

170.
Grundsätze
für die
Betonmischung.

¹¹⁵ Siehe: HAUENSCHILD. Neue Aufgaben für künftige Konferenzen. Thonind.-Ztg. 1891, S. 908 – sowie: MARTENS, A. Prüfung der Druckfestigkeit von Beton. Baumaterialienkde. 1900, S. 131.

Hohlraum den Anteil an Kies entsprechend verringern muß. Aus den Grundätzen der Verkittung sind auch die folgenden Regeln zu erklären:

2) Die Festigkeit von Beton wird wesentlich beeinträchtigt, wenn man bloß reinen Zement und Kies nimmt, anstatt dem Zement entsprechenden Sandzufuß zu geben, weil die innere Reibung durch Mangel an genügendem Bindstoff vermindert ist.

3) Ein Beton, welcher eben fatt aus Zementmörtel und Kies hergestellt ist, besitzt mindestens dieselbe Festigkeit wie der Zementmörtel für sich, gleiche Bestandteile beim Anmachen vorausgesetzt.

4) Eine Verminderung der Kiesmenge unter die erhobene, aus den Zwischenräumen berechnete Menge ist unökonomisch, da hierdurch ohne Erhöhung der Festigkeit die Kosten beträchtlich steigen. Bei 1 Zement + 4 Sand geben 5 Teile Kies nur um 4,9^{kg} Festigkeit mehr als 8½ Teile Kies.

5) Die Zunahme der Festigkeit erfährt bis 7 Monate (von 1 Monat ab) eine bedeutende Steigerung, und zwar eine um so größere, je magerer der verwendete Mörtel ist. Bei 1 Zement + 3 Sand beträgt die Steigerung 30 Vomhundert; bei 1 + 8 beläuft sich dieselbe auf 40 Vomhundert, bei Zement-Kalkmörtel von 1 + 1 + 6 sogar auf 85 Vomhundert¹¹⁶⁾.

Nachfolgende Tabellen seien als Belege für die Stichhaltigkeit dieser Regeln angeführt. *Dyckerhoff* fand nach 28 Tagen Wassererhärtung für Portlandzementbeton folgende Ergebnisse:

Mischungsverhältnisse in Raumteilen				Druckfestigkeit	Mischungsverhältnisse in Raumteilen				Druckfestigkeit
Zement	Kalkteig	Sand	Kies		Zement	Kalkteig	Sand	Kies	
1	—	2	—	151,8	1	—	3	6½	108,2
1	—	2	3	196,2	1	—	4	—	75,2
1	—	2	5	170,5	1	—	4	5	90,9
1	—	—	5	69,9	1	—	4	8½	86,0
1	—	3	—	98,8	1	1	6	—	53,5
1	—	3	5	111,6	1	1	6	12	52,1
				Kilogr. für 1 qcm					Kilogr. für 1 qcm

Die Versuchstation der Reichseisenbahnen in Straßburg hat mit Betonmischungen sehr interessante Versuche vorgenommen; hierbei wurde auch die Ausbeute geprüft, und nach 7 Monaten sind folgende Ergebnisse erzielt worden:

Mischungsverhältnis			Ausbeute	Erforderlich zu 1 cbm Beton	Druckfestigkeit	Mischungsverhältnis			Ausbeute	Erforderlich zu 1 cbm Beton	Druckfestigkeit
Zement	Sand	Kies				Zement	Kies-sand	Steinschlag			
1	3	6	6,65	210	140,0	1	5	8 Bafalt-	9,80	142,5	147,9
1	4	8	8,85	158	121,2	1	6	10 Kalkftein-	11,45	122,0	121,0
1	5	10	11,25	125	94,1	1	7	11 Sandftein-	12,55	112,0	83,0
1	6	12	13,45	104	96,8	1	8	13 Sandftein-	14,80	94,0	91,2
und 1 Kalkteig				Kilogramm Zement und 75 l Kalkteig	Kilogr. für 1 qcm	und 1 Kalkteig				Kilogramm Zement und 66 l Kalkteig	Kilogr. für 1 qcm
Hektoliter						Hektoliter					

Der Sand war Rheinsand, durch ein Sieb von 5 mm Maschenweite gesiebt; der Kies war Rheinkies von 5 bis 45 mm Korngröße.

Der Kies bestand aus gleichen Teilen Sand und Kies bis zu 18 mm Korngröße.

¹¹⁶⁾ Siehe auch: Praktische Winke für den Mörteltechniker. Baumaterialienkde. 1896-97, S. 354.

Die Ausgiebigkeit der verschiedenen Betonmischungen läßt sich nach den schon im vorhergehenden Kapitel angegebenen Grundätzen entweder rechnerisch oder durch Versuche finden.

Nachfolgend seien für verschiedene Mischungsverhältnisse und verschiedene Bindemittel die für 1^{cbm} fertigen feldgetampften Beton nötigen Mengen der letzteren angeführt. *Tetmajer* fand für sog. Normalbeton aus Gewichtsteilen 1 Zement + 1,81 Sand + 4,41 Kies als Materialbedarf für 1^{cbm} Beton: 294^{kg} Zement, 394^l Sand und 920^l Kies.

Hauenschild fand bei den gebräuchlichsten Betonmischungen mit verschiedenen Bindemitteln folgenden Bedarf an letzteren:

Zement	Sand	Kies	Portlandzement	Romanzement	Hydraulischer Kalk
1	1	2	—	385	—
1	2	4	280	200	190
1	2	5	245	—	168
1	3	6	185	—	130
1	4	9	128	—	—
1	6	12	93	—	—
Raumteile			Kilogramm für 1 ^{cbm} Beton.		

Das Einheitsgewicht des Betons hängt hauptsächlich vom Gewicht des verwandten Füllstoffes ab und beträgt 1,5 bis 2,5. Es wiegt 1^{cbm} Beton aus Stein Schlag von sehr festen natürlichen Steinen etwa 2200 bis 2500^{kg}, aus Stein Schlag von weniger festen natürlichen Steinen 1800 bis 2100^{kg} und aus Backsteinbrocken 1500 bis 1700^{kg}.

Die Bereitung des Betons geschieht je nach der Natur der verwendeten Mörtelstoffe auf verschiedene Weise.

1) Kalkpilé und Beton aus Fettkalk mit hydraulischen Zuschlägen wird in der Weise bereitet, daß man den Kalkteig nur so weit verdünnt, daß er mit der berechneten Sandmenge einen möglichst steifen Mörtel bildet. Ist der nahezu flüssige Kalkbrei tüchtig mit Krücken abgeknetet, so daß das Wasser völlig gleichmäßig verteilt ist, so mißt man die entsprechende Sandmenge ab, schüttet sie auf den auf einer Holzbühne ausgebreiteten Kalkbrei, rührt, knetet und stampft die Massen so lange miteinander ab, bis die einzelnen Bestandteile durchaus nicht mehr unterschieden werden können. Es kann nicht genug betont werden, daß man ja nicht zu viel Wasser verwenden soll; der Kalkbrei aus der Grube hat in der Regel genügende Knetbarkeit, um auch ohne weiteren Wasserzusatz einen noch völlig bindenden Mörtel zu geben. Alles überschüssige Wasser schadet der Feltigkeit und Raumbeständigkeit, bei Mörteln mit hydraulischen Zuschlägen auch der Hydraulizität, d. h. entweder verdunstet das Wasser und läßt Hohlräume zurück, nachdem die Erhärtung eingetreten ist, oder die Masse schwindet während des Erhärtens und gleichzeitigen Trocknens, oder es bilden bei Wasserbauten die zwischen den gequollenen Mörtelteilchen befindlichen größeren Wasserhüllen Kanalnetze, durch welche der Druck des bewegten Wassers zerstörend einwirken kann, da die Flächenanziehung nur bei möglichster Nähe der Mörtelteilchen Widerstand genug leistet.

Ist der Fettkalk in Form von Kalkpulver vorhanden, oder handelt es sich um Verwendung von magerem oder hydraulischem Kalk, so wird aus dem gemessenen Sand, den Steinkohlenschlacken oder Traß usw. ein Ring von etwa 1^m innerem Durchmesser gebildet, in die Mitte die dieser Füllstoffmenge entsprechende Menge Kalk geschüttet und aus einer Kanne mit Brause die nötige Menge Wasser zu-

gefetzt, worauf sofort der Sand usw. mittels Krücken untermischt und so lange abgeknetet wird, bis eine völlig gleichartige Masse entsteht, die, rasch mit dem gehörig benetzten Stein Schlag vermischt, sofort zur Verwendung kommen muß.

Am häufigsten jedoch wird die Mischung des Mörtelpulvers, sei es nun Staubkalk, zu Staub gelöschter magerer oder hydraulischer Kalk, Romanzement oder Portlandzement mit dem Füllstoff so vorgenommen, daß beide in trockenem Zustande zwei- bis dreimal tüchtig untereinander geschaufelt werden, dann in die Mitte der ringförmig ausgebreiteten Masse die genau bemessene Wassermenge geschüttet wird, worauf man die Mischung von allen Seiten unter vorfichtiger Verhütung von ungleich nassen Stellen ausführt. Zuletzt mischt man die vorher gut unter Wasser genetzte Menge Kies oder Stein Schlag bei.

2) Bei der Herstellung von Kalk-Zementbeton wird entweder dem Kalkbrei die für die Zementzutat nötige Wassermenge zugefetzt und in den nun dünnflüssigen Brei zunächst der Zement und dann erst der Sand eingerührt, was *Hauenschild* als sehr bequeme und sichere Bereitungsweise aus eigener Erfahrung empfehlen kann, oder es wird dem trockenen Gemisch von Zement und Sand der verdünnte Kalkbrei zugefügt. In beiden Fällen ist zu beachten, daß hierbei auf 1 Raumteil Portlandzement nicht mehr als höchstens $\frac{1}{2}$ Raumteil Wasser genommen werde; selbst mit $\frac{1}{4}$ Raumteil erzielt man bei sehr fettem Kalk noch richtige Knetbarkeit.

Was überhaupt die Wassermenge anbelangt, welche zuzusetzen ist, um die nötige und genügende Knetbarkeit zu erzielen, so geben die Versuche, welche vor Aufstellung der Zementnormen und nach derselben so vielfach ausgeführt wurden, ganz richtig das Erfahrungsergebnis, daß für jeden Zement, bzw. für jede Art von Zusammensetzung, Brandintensität und Mahlung ein Größtwert von Dichtigkeit und damit Festigkeit mit einer bestimmten Wassermenge, gleiche Sandmenge und gleiche Sandqualität vorausgesetzt, besteht. Dieser Größtwert schwankt für reinen Portlandzement zwischen 40 und 45 Gewichtsprozenten Wasser, bei Romanzement zwischen 45 und 52 Vomhundert, gemischt mit 3 Gewichtsteilen Normal sand.

Bei hydraulischem und bei magerem Kalk gelten die gleichen Grundätze, und hier gehen die Grenzen des richtigen Wasserzusatzes von 50 bis 80 Vomhundert, da mit steigendem Kalkgehalt schon zur Hydratbildung mehr Wasser benötigt wird.

Man möge ja nicht ängstlich sein, daß diese Wasserzusatze nicht genügen dürften; es ist nur zu sorgen, daß einerseits die Mischung innig genug geschieht und daß andererseits die fertige Betonmischung so lange gestampft werde, bis eine glänzende Oberfläche von ausgepreßter Feuchtigkeit sich zeigt und die ganze Masse gleichmäßig elastisch wird. Umgekehrt ist es ein Zeichen von zu hohem Wasserzusatz, wenn schon während des Durchknetens die Betonmasse feucht glänzt oder gar halbflüssig ist.

3) Wenn Sand und Kies bereits gemischt zur Verfügung stehen oder wenn es für die Betonbereitung am nötigen Platz fehlt, so wird die unmittelbare Betonherstellung vorgezogen. Da diese rascher geschehen kann als die doppelte Mischung zuerst von Sand und Bindemittel und dann von Mörtel mit Kies, so ist sie bei Verwendung von raschbindendem Zement sogar geboten. Jedoch wird hierbei nie die innige und gleichmäßige Mischung erzielt wie beim ersten Verfahren, was auch durch die Versuche von *Tetmajer* bestätigt wird, die für gleiche Betonmischungen von Normalbeton nach 28 Tagen ergaben:

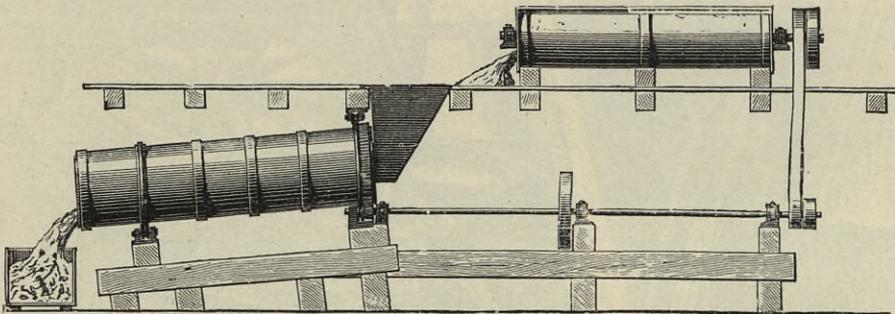
bei unmittelbarer Betonherzeugung und	bei vorangehender Mörtelerzeugung und	
3 Minuten Zeitdauer	6 Minuten	15 Minuten
	Zeitdauer	
237 kg	277 kg	288 kg

Druckfestigkeit für 1 cm^2 .

Bei allen umfangreicheren Betonarbeiten werden behufs Erzielung innigster Mischung bei möglichst beschränktem Wasserzusatz Mörtelmaschinen verwendet von Konstruktionen, wie sie im vorhergehenden Kapitel beschrieben wurden. In diesen wird nur der eigentliche Mörtel bereitet. Der Kies für sich wird zuerst gut genetzt und richtig abgemessen. Das Benetzen ist deshalb unumgänglich notwendig, weil die Verkittung nur bei völlig gleichmäßiger Porosität der Füllstoffe stattfindet und sonach ein vollständiges Abpülen aller am Kies, Steinschlag usw. haftenden lehmigen, schlammigen und erdigen Teilchen vorgenommen werden muß. Besonders wichtig ist das Tränken mit Wasser bei Verwendung von Backsteinbrocken, Steinkohlenschlacken und porösen Sandsteinen.

Die Mischung des in der Mörtelmaschine angefertigten Mörtels mit dem Steinschlag oder Kies geschieht meist in eigenen wagrechten oder geneigten rotierenden Trommeln, die das Überstürzen des Gemisches unter Fortbewegen nach dem anderen Ende der Trommel bewirken sollen und entweder unterbrochen oder stetig arbeiten. Fig. 29 stellt eine solche Betonmischmaschine der Düffeldorfer Baumaschinenfabrik *Bünger & Leyrer* in Düffeldorf-Derendorf dar.

Fig. 29.



Betonmischmaschine der Düffeldorfer Baumaschinenfabrik *Bünger & Leyrer* in Düffeldorf-Derendorf.

Diese besteht aus der wagrechten Mörtelmaschine, welche in Fig. 28 wiedergegeben ist und einer geneigten zylindrischen Betontrommel von 4 m Länge, welche beide auf einem Holzgerüst aufgestellt sind. Der in der Mörtelmaschine bereite Mörtel fällt beständig in den Trichter, in welchen zu gleicher Zeit der nötige Kies oder Kleinschlag geworfen werden muß.

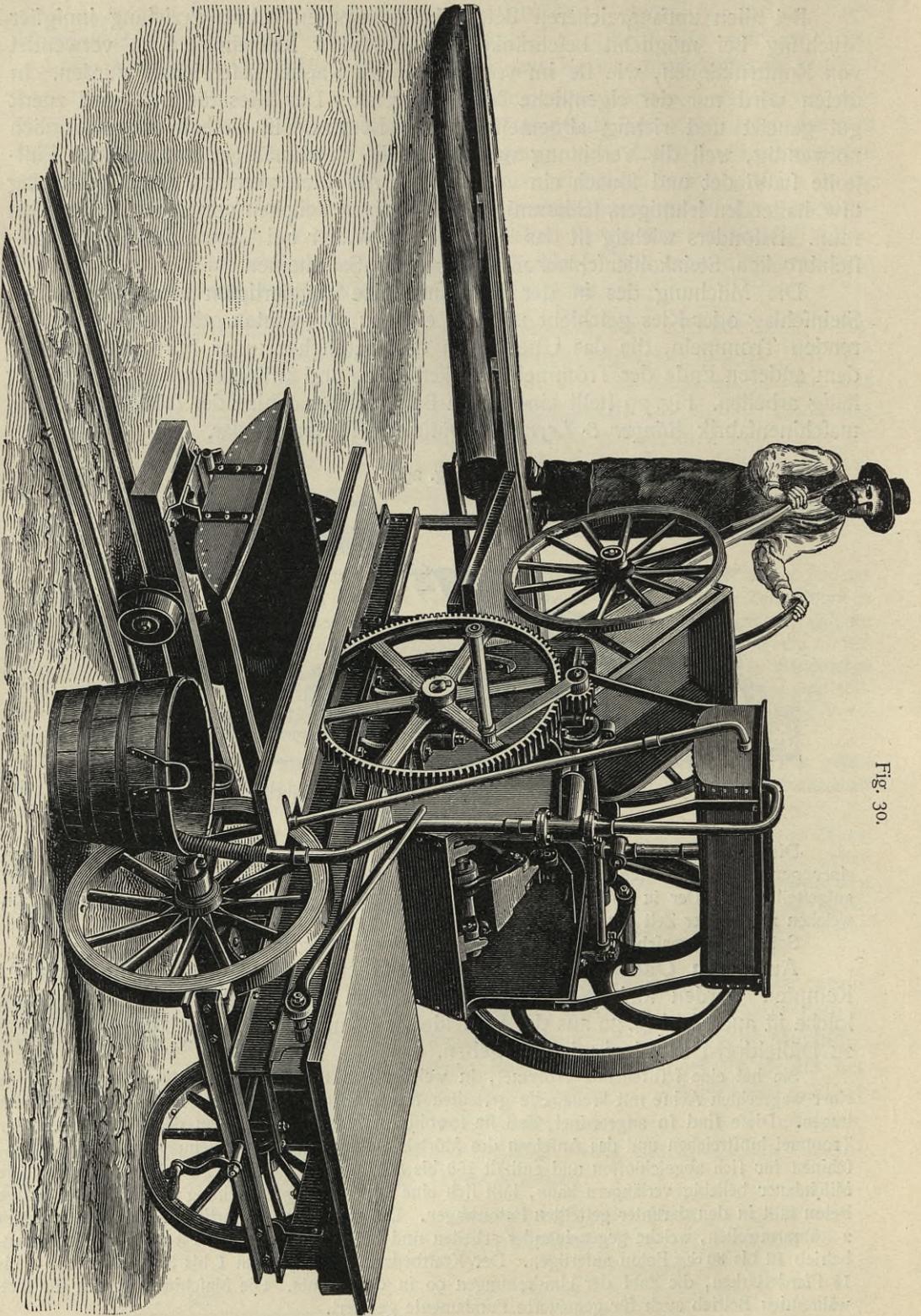
Solche Betonmaschinen werden mit bis zu 14 cbm Leistung in der Stunde geliefert.

Auch von *Gauhe, Gockel & Co.* in Oberlahnstein¹¹⁷⁾ und von *Kunz* in Kempten werden kleinere Betonmischmaschinen für Handbetrieb gebaut. Eine solche ist auch in Fig. 30 aus der Düffeldorfer Baumaschinenfabrik *Bünger & Leyrer* zu Düffeldorf-Derendorf wiedergegeben.

Sie hat eine feststehende Trommel, in welcher sich ein Rührwerk befindet, bestehend in einer wagrechten Achse mit kreuzweise gestellten Mischarmen, die an ihren Enden Mischschaufeln tragen. Diese sind so angeordnet, daß sie sowohl am Mantel, als auch an den Stirnwänden der Trommel hinfreichen und das Ansetzen des Mörtels verhindern. Jede Mischung ist bei diesen Maschinen für sich abgeschlossen und enthält 180 bis 350 l Beton. Da man bei diesen Maschinen die Mischdauer beliebig verlängern kann, läßt sich eine äußerst innige Mischung erzielen. Der fertige Beton fällt in den darunter gestellten Betonwagen. Die verbesserten derartigen Maschinen enthalten 2 Rührarmwellen, welche gegeneinander arbeiten und bei Handbetrieb 4 bis 8 cbm , bei Maschinenbetrieb 12 bis 30 cbm Beton anfertigen. Der Kraftbedarf ist bei ersteren 1 bis 3, bei letzteren 4 bis 15 Pferdestärken, die Zahl der Umdrehungen 90 in der Minute. Die Maschinen werden für fortwährenden Betrieb auch für gemauerte Fundamente geliefert.

¹¹⁷⁾ Siehe: Deutscher Steinbildhauer 1893, Nr. 23 oder Katalog der Firma.

Fig. 30.

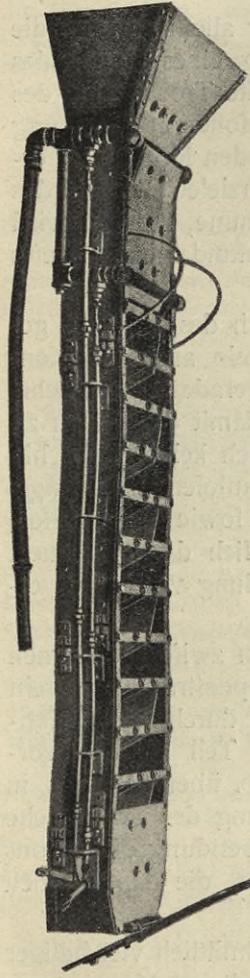


Betonmischmaschine der Düffeldorfer Baumaschinenfabrik *Bünger & Leyrer* in Düffeldorf-Derendorf.

Der in Fig. 31 dargestellte amerikanische „teilbare, tragbare Schwerkraft-Betonmischer“¹¹⁸⁾ ist aus verzinktem Stahlblech hergestellt und hat den Vorzug, keine mechanische Kraft zur Bedienung zu bedürfen.

Je nach der zu leistenden Arbeit kann der Mischer aus ein bis vier 60 cm langen Teilen zusammengesetzt werden, deren Gesamtgewicht 225 kg beträgt; doch besteht er auch, wie in Fig. 31, aus nur einem Kasten von 2,50 bis 3 m Länge und mit 170 bis 200 kg Gewicht. Er ist im Inneren mit ablenkenden Platten und zahlreichen quer angebrachten Reihen von Stahlbolzen versehen, um eine gründliche Mischung des durchfallenden Materials zu erzielen. Das nötige Wasser wird mittels Gummischlauches von einem erhöht stehenden Fasse aus den Messingsprengrohren zugeführt, welche fein durchlocht sind. Der Mischer soll 18 Mischungen in der Stunde ausführen. Zur Bedienung gehören 4 Mann, welche das Gleiche leisten, wie 20 mit der Schaufel mischende Arbeiter, dabei aber einen wesentlich besseren Beton als diese erzielen sollen¹¹⁹⁾.

Fig. 31.



Amerikanischer teilbarer, tragbarer Schwerkraft-betonmischer.

Eine vierte Milchmaschine ist in der unten genannten Zeitschrift¹²⁰⁾ abgebildet und wird von der Maschinenfabrik Geislingen in Württemberg hergestellt.

Sie besteht in einer durch Maschinenkraft bewegten, 0,96 m langen Trommel von 1,58 m lichtigem Durchmesser, welche aus starkem Eisenblech mit zwei Stirnseiten aus Gußeisen hergestellt ist und in welcher sich 40 Stahlkugeln von 120 mm Durchmesser befinden, die beim Drehen der Trommel als Mischorgane dienen. Ein im Inneren angebrachter, mantelförmiger Rost verhindert das Herausfallen der Stahlkugeln beim Einbringen des Materials und beim Entleeren der Maschine. Eine Mischung von 0,75 cbm fertigen Betons erfolgt in 5 bis 6 Minuten, einschl. Füllen und Entleeren. Erforderlich ist eine Maschinenkraft von 5 bis 6 Pferdestärken bei 20 Umdrehungen in der Minute.

Soweit es sich um die richtige Verwendung des Materials handelt, sei über die Ausführung der Betonierungen das Nachstehende hier mitgeteilt.

1) Bei Arbeiten außer Wasser ist Hauptbedingung des Gelingens, daß der frisch bereitete Beton in größter Dichte und in größter Gleichmäßigkeit zur Erhärtung gelange. Dies wird dadurch bewirkt, daß einmal nur so dicke Lagen in die Formen geworfen werden, daß sie mittels der Stampfwerkzeuge durch ihre ganze Masse und noch bis in die darunter liegende Schicht elastisch und gleichmäßig vom Mörtelbrei durchdrungen werden. Deshalb sollte man keine dickeren Schichten, als solche von 8 bis 10 cm auftragen.

Ferner soll man die Bildung von Schichten, die untereinander nicht so stark als die Schichtenmasse selbst verbunden sind, vermeiden. Dies geschieht am besten dadurch, daß man bei der Arbeit keine Unterbrechung eintreten läßt, wie denn überhaupt bei Beton die Regel gilt, das Anfertigen des Betons mit der in einem Tage auszuführenden Arbeit in vollen Einklang zu bringen. Ist aber doch eine

Unterbrechung nötig, so muß vor Weiterführung der Arbeit die Oberfläche der bereits fertig zusammengedrückten Masse, wenn sie durch erneutes Stampfen nicht mehr knetbar wird, mit einem eisernen Rechen aufgekratzt und dann eingestampft werden, worauf erst die neue Betonmasse aufzubringen ist. Hat die

¹¹⁸⁾ D. R.-P. 107361.

¹¹⁹⁾ Nach: Mitteilungen des „Internationalen Patent- und Maschinengeschäfts“ von R. Lüders in Görlitz.

¹²⁰⁾ Baumaterialienkde. 1897-98, S. 136.

Unterbrechung so lange gedauert, daß bereits merkliche Erhärtung eingetreten ist, so wird die Oberfläche mit einer Spitzhaue aufgehackt und das Losgetrennte entfernt; die Vertiefungen werden gut mit Wasser, welches aber dann nicht blank stehen bleiben darf, abgewaschen und sodann die Flächen mit etwas fetterem Mörtel abgerieben, worauf erst die neue Betonlage aufgetragen wird.

Dieses Verfahren muß streng eingehalten werden; dann geschieht nie eine Unterbrechung des Zusammenhanges, und das Gelingen der Arbeit ist stets gesichert.

2) Bei Betonierungen im Wasser handelt es sich vor allem darum, die nie ganz zu umgehende Abschwemmung, bzw. Auspülung eines Teiles des Mörtelstoffes möglichst zu vermindern. Deshalb sind möglichsie Trockenheit des wohlvorbereiteten Mörtels, etwas fettere Mischung und besonders Verhütung von Strom- und Wirbelwirkung innerhalb des auszubetonierenden Raumes zu erstreben. In welcher Weise das letztere geschieht und wie zu erzielen ist, daß das Wasser mit der Betonmasse möglichst wenig in Berührung komme, hiervon wird noch in Teil III, Bd. 1 (Abt. II, Abschn. 2, Kap. 3, a: Betonfundamente) dieses „Handbuches“ die Rede sein.

Im Grundbau, wie an der eben angezogenen Stelle noch des Näheren gezeigt werden wird, spielt der Beton eine wichtige Rolle. Allein auch bei Konstruktionen über Tag ist die Betonbauweise in vielen Fällen geradezu unentbehrlich; es unterliegt aber keinem Zweifel, daß in vielen Fällen damit des Guten zu viel geleistet wurde und Anwendungen stattfanden, welche nach keiner Seite hin gerechtfertigt waren. Nimmt man insbesondere die oft sinnlosen Mischungsverhältnisse, die leichtfertige und unsachgemäße Ausführung, sowie die wahllose Verwendung ungeprüfter Bindstoffe und Sande, so erklärt sich das Mißtrauen, welches von manchen Seiten gegen die allgemeinere Anwendung von Beton erhoben wird.

Daß aber Beton für Wölbungen, für Deckenkonstruktionen zwischen eisernen Trägern in Verbindung mit Eiseneinlagen, für Estriche, Treppenstufen usw. ein ausgezeichnetes und häufig auch billiges Material abgibt, ist durch viele Erfahrungen bewiesen. Es wird Aufgabe mehrerer Kapitel von Teil III des vorliegenden „Handbuches“ (insbesondere Abt. III, Abschn. 1, Kap. über „Mauern in Guß- und Erdmassen“, sowie Abschn. 2, A, Kap. 4, c: Ausfüllung der Trägerfache mit Beton — und B, Kap. 18: Gußgewölbe) sein, auf die Verwendung des Betons für die fraglichen Zwecke zurückzukommen und die Erfolge, die damit erzielt werden, näher zu beleuchten.

Wenn auch die Ausführung von Betonmonolithen durchschnittlich viel billiger kommt, als die Herstellung von einzelnen Betonsteinen, aus denen Mauern aufgeführt werden sollen, so ist doch besonders bei Kalkbeton das letztere Verfahren wegen der langsamen Erhärtung vorzuziehen.

Die Benutzung großer Betonblöcke für Hafenbauzwecke ist bekannt, und es wurden Monolithe bis zu 100^{cbm} Inhalt hergerichtet. Für den Hochbau jedoch hat nur die Herstellung von Kanälen, von Estrichen, von kleineren Quadern, Treppenstufen, Säulen, Ornamenten usw. aus Beton Bedeutung. Wir haben hierüber bereits im vorhergehenden Kapitel gesprochen, und es erübrigt hier nur noch darauf aufmerksam zu machen, daß Kanäle besser aus einem Stück an Ort und Stelle mittels verschiebbarer Formen hergestellt werden, und daß Estriche vorteilhaft in 2 bis 4^{qm} große Platten geteilt werden, welche nach *Schillinger* durch Anwendung

elastischer Teerpappe Fugen erhalten, wodurch sie vor Sprüngen infolge Ausdehnung durch die Wärme oder infolge von Setzungen besser geschützt sind.

Schließlich sei noch erwähnt, daß das Vorurteil, als seien Betonhäuser infolge des Materials notwendig feucht, nicht gerechtfertigt ist, vorausgesetzt, daß nicht zu fetter Mörtel verwendet wurde; denn nach *Lang* beträgt die Porosität des Betons 19 Vomhundert und von Kalksandsteinen gar 56 Vomhundert. Bei richtiger Bedachtnahme der natürlichen Eigenschaften der vorhandenen Baustoffe und ihrer Preisverhältnisse wird es in einzelnen Fällen demnach nicht schwierig sein, sich für oder gegen die Anwendung von Beton zu entscheiden; wir geben aber dabei wohl zu bedenken, daß auch für Deutschland und Österreich leider nicht zu selten die These *Vicat's* gilt: „Wenn man die Mörtelbereitung unserer Maurer sieht, möchte man glauben, sie suchen die Auflösung des sonderbaren Problems: Wie muß man mit guten Grundstoffen umgehen, um den schlechtesten Mörtel zu machen?“

Literatur

über „Beton und Betonbereitung“.

- LECOINTE, A. Bemerkungen über einige mechanische Verfahrungsarten zur Bereitung des Mörtels und Betons. Allg. Bauz. 1843, S. 399.
- Horizontale Betonmaschine von *Lepaire*. Allg. Bauz. 1864, S. 332.
- FOWLRE, S. T. *Manuel of instruction for an improved method of building with concrete; or, how to make the best house at the least cost.* London 1866.
- NEID, H. *A practical treatise on concrete, and how to make it; with observations on the use of cements, limes and mortars.* London 1869.
- HAGEN, G. Handbuch der Wasserbaukunst. 3. Aufl. Theil I, Bd. 2. Berlin 1870. S. 322.
- KOPKA. Die mechanische Mörtel- und Beton-Bereitung. *HARMANN's* Zeitfchr. f. Bauhdw. 1871, S. 97, 116, 131, 145.
- BÜES, C. Beitrag zur Beton-Frage. Deutsche Bauz. 1874, S. 52.
- LIEBOLD. Der Cement in seiner Verwendung im Hochbau und der Bau mit Cement-Beton zur Herstellung feuerfesterer, gefunder und billiger Gebäude aller Art. Halle 1875.
- FRANZIUS. Transportabler Beton-Mischer. (*Messent's* Patent.) Deutsche Bauz. 1875, S. 153.
- Concrete as a building material.* *Builder* 1876, S. 353, 481, 502, 530.
- POTTER, TH. *Concrete; its use in building, and the construction of concrete calls, floors etc.* London 1877.
- SPETZLER, O. Verwendung der Hohofenschlacke zur Betonbereitung. Zeitfchr. f. Bauw. 1880, S. 29.
- Modern concrete.* *Building news*, Bd. 39, S. 348.
- Künstlicher Sandstein, Granitbeton, Marmorbeton. *Baugwks.-Ztg.* 1881, S. 618, 632, 646, 667, 674, 683, 688.
- NEWMAN, J. *Notes on concrete, and works in concrete.* London 1887. — 2. Aufl. 1894.
- MAEIELS, A. *Le béton et son emploi.* Lüttich 1893.
- SUTCLIFFE, G. L. *Concrete: its nature and uses.* London 1893.
- CHRISTOPHE, P. *Le béton armé et ses applications.* Paris u. Brüssel 1899.
- Betonprüfungs-Maschinen. Deutsche Bauz. 1902, S. 322.

5. Kapitel.

Holz.

Von Dr. W. F. EXNER und G. LAUBOECK.

a) Allgemeines.

Das Holz ist vermöge seiner technischen Eigenschaften zur Verwendung als Baustoff in vielen Fällen ausschließlich, in vielen anderen hervorragend geeignet, da es eine hohe Elastizität und große Festigkeit besitzt, besonders in der Richtung, welche zur Achse des Baumes, dem das Holz entnommen ist, parallel liegt. Ferner ist die Dauer des Holzes unter günstigen Verhältnissen eine sehr große. Jene

Eigenschaft jedoch, welche das Holz unter vielen Baustoffen bevorzugen läßt, ist die außerordentlich leichte Bearbeitungsfähigkeit, welche gestattet, daselbe mit geringen Kosten und in verhältnismäßig kurzer Zeit in jede gewünschte Gestalt überzuführen. Die durch die Verbindung der einzelnen Konstruktionssteile untereinander bedingte Form kann demnach überaus leicht hergestellt werden, und deshalb ist das Holz fast für jede konstruktive Aufgabe zulässig.

Ein weiterer Vorzug des Holzes besteht darin, daß es für eine Reihe von fog. Vollendungsarbeiten des inneren Ausbaues in hohem Maße geeignet ist, wodurch die verschiedensten dekorativen Zwecke mit Leichtigkeit erreicht werden können.

Diesen Eigenschaften, welche dem Holze auch für die Zukunft bei noch gesteigerter Verwendung anderer Materialien eine Hauptrolle im Bauwesen sichern, sind einige andere Eigenschaften gegenüberzustellen, welche den Wert des Holzes für die in Rede stehenden Zwecke wesentlich herabdrücken.

Das Holz verändert, besonders in den auf die Achse des Baumes senkrechten Richtungen (Radial- und Sehnenrichtung in bezug auf den Kreisumfang des Baumstammes), seine Abmessungen. Dieses Bestreben, die Breite und Dicke der Stab- und tafelförmigen Konstruktionssteile aus Holz infolge verschiedener Einflüsse zu ändern, bildet einen kaum zu bekämpfenden Übelstand. Das Holz „schwindet“ und „quillt“ unter den Einflüssen wechselnder Trockenheit und Feuchtigkeit, so lange es seine Elastizität und Festigkeit in dem ursprünglichen Maße behauptet, und es ist daher das Aufhören der Volumänderung (das „Arbeiten“ des Holzes) ein ungünstiges Symptom für den Wert des Materials.

Die Dauerhaftigkeit des Holzes wird unter gewissen Umständen sehr beeinträchtigt. Die Bildung von Pilzen, der Angriff des Holzes durch Tiere niederer Ordnung und verschiedener Art, endlich der fog. Hauschwamm zerstören das Holz in verhältnismäßig kurzer Zeit und berauben es seiner Befähigung, weiter als Konstruktionsmaterial zu dienen. Endlich ist der hohe Grad von Brennbarkeit zu erwähnen, welcher das Holz von mancherlei Verwendungen im Bauwesen ausschließt.

Die angeführten ungünstigen Eigenschaften können bis zu einem gewissen Grade bekämpft und ungefährlich gemacht werden, und darin eben besteht eine der Hauptaufgaben des Baumeisters.

Schon im vorhergehenden wurde auf die Haupteigenschaften des Holzes hingewiesen; nunmehr sollen dieselben etwas eingehender erörtert werden¹²¹⁾.

1) Anatomischer Bau. Die innere Organisation des Holzes wird durch die drei rechtwinkelig aufeinander geführten Schnitte, und zwar: α) senkrecht auf die Längsachse, β) durch die Längsachse oder γ) parallel zur Längsachse klar ersichtlich. Der erste der drei angeführten Schnitte heißt Querschnitt oder Hirnschnitt, der zweite Radial-, Spiegel- oder Spaltschnitt und der dritte Sehnen- oder Tangentialschnitt. Für praktische Zwecke wird das Holz sehr häufig schief, d. i. unter einem verschiedenen großen Winkel gegen die Längsrichtung des Stammes geschnitten.

In der Mitte des Baumes befindet sich das Mark. Von letzterem aus gegen die Rinde hin laufen die Markstrahlen oder Spiegel. Auf dem Querschnitt oder Hirnschnitt erscheinen die Markstrahlen als lange, feine Linien; auf dem Radialschnitt sehen wir dieselben als Bänder, welche meist glänzen oder spiegeln.

¹²¹⁾ Siehe: EXNER & LAUBOECK. Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Handbuch der Forstwissenschaft. 2. Aufl. Band II. Tübingen 1903.

Zwischen Mark und Rinde finden wir die dem Alter des Baumes entsprechende Zahl von Holz- oder Jahresringen, deren Hauptmasse aus Fasern besteht, die nach der Länge des Baumes verlaufen und in ihrem Inneren hohl sind. In jeder der drei angeführten Hauptchnittrichtungen zeigt das Holz ein anderes, für die Holzart charakteristisches Aussehen, indem die zur Herbstzeit gebildeten dunkleren Teile der Jahresringe sich von den während des Frühjahres und der ersten Sommerzeit gebildeten Teilen derselben sichtlich abheben. Je größer der Abstand in der Farbe zwischen Herbstholz und Frühlingsholz ist, desto deutlicher erscheint die sog. Zeichnung des Holzes.

Neben den Holzfasern findet man bei einem Teile der Nadelhölzer, namentlich gegen den Umfang einzeln oder zu wenigen zerstreut stehend, harzführende Poren, die sog. Harzporen. Bei den Laubhölzern sind die Poren sehr verschiedenartig verteilt; sie sind mit Luft gefüllt. Sind die Poren über den ganzen Jahresring gleichmäßig verteilt, so heißen diese Bäume „zerstreutporig“, wie z. B. Ahorn, Buche, Birke usw. Bilden die Poren aber am Beginne des Jahresringes Ringe oder Bänder, so heißen solche Bäume „ringporig“; dahin gehören Eiche, Esche, Ulme usw.

Die lebensfähigsten und saftreichsten Jahresringe sind die jüngsten und heißen Splint. Leiten die Bäume durch ihren ganzen Holzkörper Saft, so nennt man dieselben „Splintbäume“, wie z. B. Birke, Buche, Birnbaum usw. Bei vielen Holzarten aber rückt der Saft allmählich aus der Mitte des Baumes nach den jüngeren Schichten gegen außen. Behält das Innere seine bisherige Farbe und wird nur trockener, so spricht man von „Reifholzbäumen“; dahin gehören die Fichte und die Linde. Nimmt dagegen das Innere des Baumes eine andere, dunklere Farbe an, wie bei den Eichen, Ulmen und Föhren, so nennt man dieselben „Kernholzbäume“. Das Wachstum des Holzes erfolgt von innen nach außen und nicht, wie man häufig hört, umgekehrt. Bezüglich der Breite der Jahresringe führt *Nördlinger*¹²²⁾ folgendes an: „Bei den ringporigen Laubholzarten steht innerhalb einer gewissen Grenze die Güte des Holzes häufig im Verhältnis zur Breite der Holzringe, weil an breiteren Ringen das festere Sommerholz größere Entwicklung nimmt. Der schmalringige Splint von Eichen, Eschen und Ulmen dagegen ist vor lauter Porenkreifen oft gänzlich unbrauchbar. Bei den Nadelhölzern aber haben die breiteren Ringe, sofern sie nicht vom freien Stande herrühren, vorzugsweise schwammiges Frühlingsholz; deshalb nimmt bei ihnen mit dem Schmalwerden der Ringe gegen außen der Wert des Holzes zu.“

2) Farbe. Die Farbe des Holzes ist eine für jede Holzart mehr oder minder charakteristische; ein Abweichen von der normalen Farbe kann in der Regel als eine für die übrigen Eigenschaften des Holzes ungünstige Erscheinung aufgefaßt werden. Die Farbe des Holzes hat für die Architektur selbstverständlich immer dann eine Wichtigkeit, wenn das Holz ohne einen die Naturfarbe deckenden Überzug zur Verwendung gelangt. Häufig wird der Farbe des Holzes bloß ein wärmerer Ton oder eine tiefere oder lichtere Nuance verliehen in der Weise, daß das Holz durch Auftragen eines durchsichtigen Stoffes auf der Oberfläche überkleidet wird. Eine solche das Holz gegen den unmittelbaren Einfluß der Atmosphäre schützende Schicht wird, wenn das Holz an der Außenseite der Gebäude zur Verwendung gelangt, nur in seltenen Fällen entbehrt werden können.

Da die Hölzer nicht immer von Natur aus in den gewünschten Farbtönen erscheinen, so werden häufig technische Verfahrungsweisen zu Hilfe genommen,

177.
Farbe.

¹²²⁾ In: Die gewerblichen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1890.

um die natürliche Farbenwirkung des Holzes zu erhöhen oder vollständig zu verändern, wie dies durch das Beizen, Färben an der Oberfläche oder durch das Dämpfen und Durchtränken durch den ganzen Holzkörper hindurch erreicht wird¹²³⁾.

Bezüglich der Bedeutung der Farbe als Kennzeichen für die Beschaffenheit des Holzes hat man zu unterscheiden:

α) die Farbe des frischgefällten Holzes von jener, welche etwas später erscheint, und von jener, welche sich ausschließlich am vollständig trockenen Holze zeigt;

β) man hat zu beobachten den Unterschied zwischen der Farbe des Splint- und Kernholzes an sich und in den unter α bezeichneten Fällen.

Falt alle Hölzer dunkeln unter dem Einflusse der Atmosphärien und des Sonnenlichtes nach. Auffällige Erscheinungen in der Veränderung der Farbe sind das Grauerwerden der Dachschindeln und das Auftreten einer tiefrotbraunen Färbung beim Nadelholz an der Außenseite von Gebäuden in solchen Gegenden, welche reich an Niederschlägen sind, so insbesondere in den Alpenländern, in der Nähe von Gebirgsseen usw. Dieses Braunwerden der Hölzer gibt den Gebäuden ein überaus malerisches Aussehen, hat aber selbstverständlich keine technische Wichtigkeit. Lebhaftigkeit und Gleichmäßigkeit der Holzfarbe, in Verbindung mit raschem Abtrocknen des Kernes, sind, besonders bei Eichenhölzern, Zeichen der Gesundheit, unfreundlich braune Grünholzfarbe ein Zeichen für geringes, brüchiges Eichenholz. Blaurote Farbe ist bei der Eiche nicht immer, aber doch meistens ein Merkmal eingetretener Zerletzung.

178.
Glanz.

3) Glanz. Man versteht unter dem Glanze oder dem Spiegeln des Holzes die auf den Spaltflächen hervortretenden Reflexerscheinungen. Namentlich ist es die radiale Spaltfläche, auf welcher die Markstrahlen oder Spiegel ihrer Längenausdehnung nach zum Vorschein kommen, die bei manchen Holzarten einen hohen Glanz zeigen; man nennt deshalb diese Flächen auch Spiegelflächen und das nach den Spiegelflächen ausgeformte Holz Spaltholz oder Spiegelholz. Bekanntlich zeichnen sich die Spaltflächen des Ahornholzes und der Eiche durch hohen Glanz aus.

Erscheinen die Markstrahlen auf der Spaltfläche des Holzes als verhältnismäßig große Körper, so glänzen sie für sich, und es ist dann nicht die ganze Spaltfläche, welche spiegelartig das Licht reflektiert; vielmehr sind dem freien Auge nur die platten Seiten der Markstrahlen sehr auffällig, welche spiegeln oder glänzen. Ein Beispiel hierfür bildet die Rotbuche, auf deren radialen Spaltflächen die Spiegel als braune Streifen erscheinen, die bei unter einem gewissen Winkel einfallendem Lichte hohen Glanz zeigen, eine Erscheinung, welche sogar als ein Kennzeichen des Rotbuchenholzes aufgefaßt werden kann.

Bei gewissen Hölzern bildet der Glanz der Spiegelfasern ein Moment, welches für die Wertschätzung des Holzes ausschlaggebend ist. So brillieren der Ahornmafer und das ungarische Eichenholz an den gebneten Flächen durch den Glanz der zutage tretenden Spiegelfasern in gleich hohem Maße wie bei gewissen Seidentoffen, dem Moirée.

179.
Feinheit.

4) Feinheit. Unter feinen Hölzern versteht man solche, welche mit freiem Auge keinerlei Einzelheiten des Baues oder diese nur höchst unvollkommen erkennen lassen. Je feiner die Elementarorgane einer Holzart sind, desto dünner und gleichförmiger lassen sich ihre Späne aushobeln. Die absolute Größe der Zellen

¹²³⁾ Siehe: ANDÉs, L. E. Die technischen Vollendungs-Arbeiten der Holzindustrie, das Schleifen, Beizen, Poliren, Lackiren, Anstreichen und Vergolden des Holzes usw. Wien, Pest u. Leipzig 1884.

ist dabei weniger entscheidend. Ein Holz kann grobzigelig, demnach weich, aber dennoch sehr fein fein (Linde); allerdings wird ein ähnlich zusammengesetztes, aber aus kleinen und zarten Elementen aufgebautes Holz in noch höherem Grade als fein angesprochen (Buchsholz). Die Feinheit des Holzes ist im allgemeinen für eine bestimmte Holzart eine gegebene, kann aber bei jeder Holzart durch die Wachstumsverhältnisse in ihrem Grade modifiziert erscheinen. Im Gegensatz zu dem „feinen“ Holze steht das „grobe“, welches somit makroskopisch die Gefäßporen zeigt und durch die gruppenweise Anordnung der Elemente, durch die Ausprägung und ungleiche Beschaffenheit der Vegetationsperioden auffällig gezeichnet ist, welches endlich auffallend breite oder hohe Markstrahlen besitzt. Typische Beispiele groben Holzes sind Eiche, Nuß, Ulme usw.

5) Textur, Zeichnung, Flader und Mafer. Der Ausdruck Textur (Gefüge) des Holzes ist gleichbedeutend mit Struktur und bedeutet das anatomische Gefüge des Holzes. Bei den zur Achse schief gelegenen Schnitten bildet die Textur ein Mittelglied zwischen der normalen Textur des Radial- und Hirnschnittes einerseits und des Tangential- und Hirnschnittes andererseits. Die Textur des Holzes bildet aber im Zusammenhange mit der Farbe das Aussehen, welches für die Wahl des Holzes zu architektonischen Zwecken häufig bestimmend ist.

Je gröber das Holz ist, desto deutlicher ist die Zeichnung desselben. Auf den Holzflächen erscheint dem unbewaffneten Auge eine Zeichnung, und in derselben drücken sich mehr oder minder deutlich die Unterschiede zwischen Herbst- und Frühjahrschicht im Jahresringe, die Poren und die Markstrahlen je nach den Abmessungen und dem Grade der Färbung aus. Die Zeichnung des Holzes ist demnach bei regelmäßig erwachsenen Bäumen eine andere im Querschnitte, eine andere im radialen Längsschnitte und wieder eine andere im tangentialen oder Sehnen-Längsschnitte. Demnach ist das charakteristische Merkmal der Zeichnung des Hirnschnittes der Ringbau, das der beiden Längsschnitte die parallele Streifung, welche beim radialen Längsschnitte vollkommener als beim Sehnen-Längsschnitt auftritt. Die Zeichnung des Hirnschnittes kommt in der Holzindustrie selten vor; in weit überwiegendem Maße jedoch ist es die Zeichnung, welche auf tangentialen oder richtiger Sehnen-Längsschnittflächen des Holzes zum Vorschein kommt. Bohlen, Bretter und Fourniere zeigen auf ihren Oberflächen die Zeichnung des Sehnen-Längsschnittes der Holzstämmе.

Ist das Holz normal erwachsen oder „schlicht“, so heißt die Zeichnung des Holzes der Flader. Die durch unregelmäßiges Wachstum entstehenden Holzbildungen nennt man wimmerig oder maferig und die durch dasselbe bedingte Zeichnung der Schnittflächen Mafer. Der wimmerige Wuchs ist strenge genommen ein Fehler des Holzes und gilt auch als solcher bei Bauholz und bei Schnittware. Der Maferwuchs entsteht am häufigsten durch exzessive Bildung von Knospen, wohl auch durch Schmarotzer und infolge von Verletzungen durch Insekten usw. Der maferige oder wimmerige Wuchs des Holzes ist für manche Bauzwecke ebenso wie der schöne Flader besonders geschätzt. Für Möbel, Täfelungen, Decken usw. verwendet man mit Vorliebe maferiges Holz, um erhöhte, wirkungsvolle Motive zu erreichen. Jedermann ist das herrliche „ungarische Eschenholz“ als Maferholz bekannt; ferner finden wir im Nußholz die schönsten Maferblöcke, und auch die Wurzeln von Buchs, Erlen, Birken usw. zeigen auserlesenen Maferwuchs.

6) Geruch. Jedes Holz hat im grünen, frischen Zustande einen eigentümlichen Geruch, der mitunter sehr kräftig und für das Holz charakteristisch ist. Bei

180.
Textur.181.
Geruch.

vielen Hölzern verliert sich dieser Geruch mit dem Austrocknen derselben, und nur wenige unter jenen Hölzern, die auch im trockenen Zustande wohlriechend sind, verdanken dieser Eigenschaft einen erhöhten technischen Wert. Die Nadelhölzer, welche Terpentin enthalten, zeigen einen auffälligen, mitunter köstlichen Geruch, so z. B. Zedern- und Wachholderholz; auch das Zirbenholz hat einen edlen, befechtenden Geruch. Der bei den Laubhölzern häufig auftretende Gehalt an Gerbstoff verleiht manchen Holzarten einen auffallenden Geruch nach Gerberlohe, und dieser Geruch wird sogar als ein Kennzeichen der guten Qualität des Eichenholzes angeführt.

182.
Eigengewicht.

7) Eigengewicht. Genauere Einsicht in das Gewichtsverhältnis der Hölzer ist insofern von Bedeutung, als viele wichtige Eigenschaften des Holzes, z. B. die Härte, die Dauer, die Brennkraft, das Maß des Schwindens und Quellens mehr oder weniger mit dem Eigengewichte desselben in Verbindung stehen. Sind die Hohlräume des Holzes mit Wasser gefüllt, so muß sich dadurch das Eigengewicht steigern. In der Praxis unterscheidet man daher das Grüngewicht bei etwa 45 Vomhundert Wassergehalt, wie es der Baum beim Fällen gibt, und das Lufttrockengewicht, wie es durch längeres Aufbewahren des Holzes unter Dach in trockenen Räumen bei noch etwa 10 bis 15 Vomhundert Wassergehalt erscheint. Holz, welches bei 110 Grad C. getrocknet wurde, heißt „künstlich getrocknetes, gedartetes Holz“ und die Dichte desselben wird mit Darrgewicht bezeichnet.

Für den Bedarf der Technik genügt die Angabe des Lufttrockengewichtes. Fremdländische Hölzer zeigen meist ein Einheits- (spezifisches) Gewicht, welches größer als 1 ist. Unsere heimischen Holzarten haben im lufttrockenen Zustande eine Dichte, welche zwischen 0,44 und 0,88 schwankt¹²⁴⁾.

183.
Wassergehalt.

8) Wassergehalt. Das grüne oder frische Holz enthält beiläufig zur Hälfte feines Gewichtes Wasser. Das Wasser, welches im grünen Holze enthalten ist, füllt die Zellenräume zum großen Teile aus und durchdringt die Zellenwände. Nach dem Fällen des Holzes beginnt sofort eine Wasserabgabe an die atmosphärische Luft, welche quantitativ stets abnimmt. Das Imbibitionswasser verdunstet, und das Holz ist lufttrocken geworden. Dieses im lufttrockenen Holze enthaltene Wasser wird hygroskopisches Wasser genannt. Letzteres kann aus dem Holze nur im Wege des künstlichen Trocknens entfernt werden. Beide Arten von Wasser, dasjenige, welches durch Verdunstung von selbst aus dem Holze austritt, und jenes, welches nur durch Wärmezufuhr beseitigt werden kann, d. h. verdampft werden muß, bilden zusammen den Wassergehalt, welcher mit der Holzart, der Jahreszeit, dem Standorte, dem Baumteil usw. wechselt. Sowie der Gehalt an hygroskopischem Wasser in lufttrockenem Zustande ab- und zunimmt, so kann man dem Holze auch den gesamten Wassergehalt, den es beim Übergang vom grünen in den lufttrockenen Zustand verloren hat, durch das „Tränken des Holzes“ wieder zuführen, d. h. dadurch, daß man das Holz eine entsprechende Zeit hindurch in Wasser untertaucht.

Der Wassergehalt, auch die absolute Feuchtigkeit des Holzes genannt, schwankt bei den verschiedenen lufttrockenen Hölzern zwischen 7 und 15 Vomhundert. Nadelhölzer halten das hygroskopische Wasser länger als Laubhölzer. Im Durchschnitt enthalten lufttrockene Laubhölzer 8 Vomhundert, unter den gleichen Umständen getrocknete Nadelhölzer 10 Vomhundert Wasser.

184.
Schwinden
und
Quellen.

9) Schwinden und Quellen. Der nach und nach austrocknende Saft des Holzes begründet im Verein mit der Faserstruktur desselben die Erscheinungen

¹²⁴⁾ Die Einheitsgewichte der Hölzer sind unter b zu finden.

des Schwindens, Ziehens und Werfens; durch Wiederaufnahme von Feuchtigkeit dehnt sich das Holz wieder aus: es quillt. Kann es dem Bestreben, zu schwinden oder zu quellen, nicht ungehindert in allen Teilen folgen, so verändert es auf unregelmäßige Weise seine Form; ja es treten sogar Trennungen oder Risse ein. Die Erscheinung des Schwindens und Quellens tritt in verschiedenem Maße bei demselben Holze und unter sich gleich bleibenden Verhältnissen auf, je nach der Richtung, die der Beobachtung zugrunde liegt. Im allgemeinen schwinden und quellen die Hölzer nach der Richtung der Längsachse des Baumes in so geringem Maße, daß daselbe beim Entwerfen von Baukonstruktionen außer Betracht bleiben kann; dagegen sind Schwinden und Quellen in allen auf die Faserrichtung senkrechten Richtungen stets Erscheinungen von so erheblicher Tragweite, daß sie niemals außer acht gelassen werden dürfen. Im allgemeinen schwinden die Nadelhölzer am wenigsten. Das Schwindmaß in der Richtung der Fasern beträgt durchschnittlich nur 0,1 Vomhundert, in der Sehnenrichtung dagegen durchschnittlich 8 Vomhundert und in radialer Richtung im Mittel 4 Vomhundert.

Als Ursachen und Folgen des Schwindens sind die folgenden Erscheinungen anzuführen. Beim Rundholz zeigen sich sog. Strahlenrisse, welche vom Splint aus nach dem Kern des Holzes gehen, oder Kernrisse, welche bei aufgespaltenem Rundholz vom Kern nach dem Splinte verlaufen. Strahlenrisse kommen bei vierkantig behauenen Stämmen vor; jedoch reißen solche behauene Stämme weniger als Rundholz, weil ein großer Teil des Splintes, der am meisten schwindet und daher zum Reißen neigt, entfernt ist. Die Strahlenrisse teilen in der Regel den quadratischen Querschnitt des Stammes in fast gleiche Teile. Balken werfen sich seltener, um so häufiger und stärker aber Bretter und Bohlen. Ein Brett, welches „aus dem Kern“ geschnitten ist, reißt oft oben und unten auf und zeigt die sog. Kernspaltung. Bei Seitenbrettern erfolgt das Schwinden in der Längsrichtung der Fasern; auf der oberen Seite eines solchen Brettes befindet sich mehr Splintholz als auf der dem Kern zugekehrten Seite, und das Brett krümmt sich daher von der Kernseite weg.

Durch das Quellen nähert sich das Holz in seinen Eigenschaften jenem Zustande, in dem es sich vor dem Trocknen befunden hat, ohne jedoch diesen vollständig zu erreichen. Obgleich die Quellung dem Augenmaße nach gering ist, muß sie doch bei den verschiedenen Verwendungsarten des Holzes eben so wie das Schwinden berücksichtigt werden.

Im Möbelbau, wie überhaupt bei allen Holzkonstruktionen, muß auf das Schwinden und Quellen des Holzes Rücksicht genommen werden; es muß darauf gesehen werden, daß das Holz ungehindert in allen seinen Teilen „arbeiten“ kann; so z. B. bei Türfüllungen, Rahmenwerken, Fenster- und Türgehäusen usw. Die Behandlung des Holzes vor, während und nach dem Fällen, das gänzliche oder teilweise Entrinden, das allmähliche Vorgehen beim Entrinden, verschiedene Maßregeln zur Verlangsamung des Trockenvorganges, namentlich an den Hirnflächen usw., bilden das Verfahren, um das „sich Werfen“ und „Reißen“ des Holzes zu vermindern oder bis zu einem gewissen Grade unschädlich zu machen.

10) Elastizität. Die Elastizität wird wie bei den anderen Baustoffen einerseits durch die Elastizitätsziffer (Elastizitätsmodul oder -Koeffizient), andererseits durch die Elastizitätsgrenze beurteilt werden können. Auch beim Holze ist eine hohe Elastizität für seine Verwendbarkeit als Konstruktionsmaterial von ausschlaggebender Bedeutung.

Das Holz zeigt verschieden große Elastizitäten je nach der Richtung, in welcher dasselbe in Anspruch genommen wird; es besitzt also eine verschiedene Elastizitätsziffer und eine verschiedene Elastizitätsgrenze, je nachdem das Holz nach seiner Längen- (oder Faser-) Richtung oder senkrecht auf diese im Sinne des Halbmessers oder im Sinne der Sehne in den Jahresringen beansprucht wird. Diese Verschiedenheit der Elastizität in den drei genannten Richtungen ist durch den anatomischen Bau des Holzes begründet und muß bei der Verwendung wohl beachtet werden.

Bei Besprechung der wichtigeren Bauhölzer werden noch eingehende Angaben über die Elastizitätsverhältnisse der verschiedenen Holzarten gemacht werden. Hier sei nur erwähnt, daß die Elastizitätsziffer für Zug und Druck fast gleich groß ist und daß der Wassergehalt auf dieselbe nur einen geringen Einfluß hat; im Mittel kann die Ziffer nach *Winkler* zu 114^t für 1^{qcm} (in der Faserrichtung) angenommen werden.

Auf die Elastizitätsgrenze hat der Wassergehalt einen großen Einfluß; sie ist um so größer, je geringer der letztere ist. Bei stark gedörtem Holze liegt die Elastizitätsgrenze sogar in der Nähe der Bruchgrenze. Nach Versuchen beträgt die Elastizitätsgrenze für Zug 0,20 bis 0,59, im Mittel $0,27^t$ für 1^{qcm} , für Druck durchschnittlich das 0,44fache hiervon.

11) Tragfähigkeit und Festigkeit. Der Tragmodul, die Spannung des Holzes bis zur Elastizitätsgrenze, auf das Quadr.-Centimeter jener Querschnittsfläche bezogen, welche senkrecht zur Krafrichtung durch den Holzkörper gelegt wird, bildet das Maß der Tragfähigkeit. Da im vorangehenden dargetan wurde, daß die Elastizitätsgrenze in demselben Holzkörper sich mit der Richtung der Kraft in Bezug auf die Achse des Stammes ändert, so wird auch der Tragmodul oder die Tragfähigkeit je nach der Richtung der Beanspruchung des Holzes gegenüber seiner Faserrichtung eine verschiedene sein.

In der Praxis ist es bekanntlich nicht zulässig, den auf Grund von experimentellen Untersuchungen ermittelten Tragmodul in seinem vollen Werte in die statischen Berechnungen einzuführen, weil erstens die Angaben, welche von verschiedenen Verfassern für den Tragmodul aufgestellt werden, sehr stark voneinander abweichen, was sich durch den verschiedenen Grad der Genauigkeit der Untersuchungen und durch die natürliche Verschiedenheit des Holzes erklären läßt; zweitens, weil auch bei derselben Holzart Struktur, Dichte, kurz alle mechanisch-technischen Eigenschaften, also auch die Tragfähigkeit, durch die Verschiedenheit von Boden, Standort (Exposition), Klima, forstliche Bewirtschaftungsart, Fällungszeit, Transportart usw. usw. veränderlich werden. Man unterscheidet demnach die praktische Tragfähigkeit von der theoretischen, und es hat bekanntlich die erstere nur einen aliquoten Teil der letzteren zu bilden. Hiervon, im wesentlichen also von der Wahl des sog. Sicherheitsgrades, wird in der nächsten Abteilung (Statik der Hochbaukonstruktionen) noch eingehend die Rede sein; hier sei nur bemerkt, daß wir es vorziehen, in der eben angedeuteten Weise vorzugehen, statt, wie dies häufig geschieht, die Tragfähigkeit aus der Bruchziffer (-Koeffizient) zu bestimmen; denn in der Ermittlung der letzteren besteht eine noch größere Unsicherheit; die Angaben über die Bruchziffer weichen noch mehr voneinander ab als jene über den Tragmodul; die experimentelle Ermittlung der Bruchziffer führt noch schwieriger zu sicheren Ergebnissen.

Unter Zugfestigkeit des Holzes soll hier der Widerstand desselben gegen Zerreißen in der Faserrichtung verstanden werden; wirkt dagegen die Zugkraft senkrecht zur Holzfasern, so wollen wir dies Querszugfestigkeit nennen.

Druck- und Knickfestigkeit beziehen sich stets auf die Beanspruchung in der Richtung der Holzfasern, während bei der Biegezugfestigkeit, wohl auch Bruchfestigkeit genannt, eine Belastung senkrecht zur Faserrichtung vorausgesetzt wird. Die Biegefestigkeit des Holzes läßt sich durch die äußere Größe der Biegung ausdrücken, welche unter festgesetzten Umständen ein an seinen beiden Enden

Zusammenstellung den Charakter des zufällig Zusammengekommenen an sich tragen würde. Infolange nicht Versuche unter einheitlichen Gesichtspunkten vorgenommen werden, muß man auf Werte, welche in Wahrheit als Mittelwerte den verschiedenen Holzarten zukommen, verzichten. *Baufchinger* hat hierzu bereits den ersten Schritt getan, und durch seine Anregung wurde auch eine Kommission eingesetzt, deren Aufgabe war, ein einheitliches Vorgehen der Forscher auf diesem Gebiete herbeizuführen, sowie die als richtig erkannten Methoden und die ihnen dienenden Hilfsmittel zu verbreiten. Diese Kommission hat ein Komitee eingesetzt, welches sich im besonderen mit der Prüfung der mechanisch-technischen Eigenschaften der Hölzer beschäftigt¹²⁵⁾.

Nach den Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der österreichischen Bauhölzer von *Hadek* und *Janka*¹²⁶⁾ kann' der Bautechniker auf Grund des von den Genannten geprüften Materials bei Verwendung von Südtiroler Fichtenbauholz folgende Festigkeitszahlen benutzen, wobei eine Feuchtigkeit des Holzes von 20 Vomhundert (welchen Feuchtigkeitsgrad z. B. die Konstruktionshölzer bei unverfalten Brücken gewöhnlich besitzen) vorausgesetzt wird: Druckfestigkeit 277 kg für 1 qcm, Biegezugfestigkeit 476 kg für 1 qcm, Elastizitätsmodul 90 000 kg für 1 qcm.

187.
Biegsamkeit
und
Zähigkeit.

12) Biegsamkeit und Zähigkeit. Die Voraussetzung für die Anwendung von Biegsamkeit und Zähigkeit ist jene, daß selbst bei beträchtlichen bleibenden Ausdehnungen oder Zusammendrückungen des Holzes eine Überwindung der Kohäsion nicht stattfindet. Das Holz muß eine dauernde Formveränderung ohne Herbeiführung eines Bruches zulassen. Der Gegensatz von biegsam oder zähe ist brüchig oder spröde. Ein erhöhter Grad der Biegsamkeit oder Biegsamkeit ist die Zähigkeit. Die Biegsamkeit sowohl, als auch die Zähigkeit ist bei den Hölzern im grünen Zustande meist größer als im trockenen. Der im frischen Holze vorhandene größere Vorrat an Wasser steigert die Biegsamkeit und Zähigkeit. Die Behandlung des trockenen Holzes mit Wasser oder Dampf führt zu einer Steigerung dieser Eigenschaften. Hierauf gründet sich das „Biegen des Holzes“, indem das letztere zunächst gedämpft wird und in diesem Zustande über Formen mittels Hand oder Maschinen gebogen wird. Im Schiffbau, Wagenbau, in der Böttcherei und in der Möbelfabrikation findet das Biegen des Holzes weitgehende Anwendung¹²⁷⁾. Im Baufache wird vom Biegen des Holzes kein nennenswerter Gebrauch gemacht, obgleich nicht einzusehen ist, warum bis heute krumme Holzteile, wie solche für runde Türen- und Fensterteile gebraucht werden, nicht auf dem Wege des Biegens des Holzes erzeugt werden.

188.
Spaltbarkeit.

13) Spaltbarkeit. Den Widerstand, den die Fasern des Holzes der seitlichen Trennung entgegensetzen, bezeichnet man mit Spaltbarkeit. Dieselbe ist eine für die erste Ausformung der Hölzer, also für die Herstellung von Halbfabrikaten, in gewissen Fällen hochwichtige Eigenschaft und bildet die Vorbedingung für die Erzeugung von „Spaltwaren“, wie Faßdauben, Weinpfählen, Resonanzholz-Museln, Dachschindeln usw.

189.
Härte.

14) Härte. Jenen Widerstand, welchen ein Körper dem Eindringen eines anderen Körpers in denselben von außen her entgegensetzt, nennt man Härte. Schwere Hölzer zeigen im allgemeinen eine größere Härte. Trockenes Holz gilt als härter wie das grüne. Die Praxis kennt nur „weiches“ und „hartes“ Holz; zum ersteren gehören alle Nadelhölzer und von den Laubhölzern z. B. Linde, Pappel, Erle usw.; zu den harten Hölzern gehören Buche, Ahorn, Eiche, Kastanie, Buchs usw.

Die Bauhölzer, welche von der Hand des Zimmermannes bearbeitet werden, sind vorzugsweise weiche Hölzer, wie z. B. Hölzer für Dachstuhl, Deckenbalken usw., während die harten Hölzer mehr für Fenster, Türen und Tore, für Treppen usw., überhaupt für den inneren Ausbau, Anwendung finden.

¹²⁵⁾ Vergl.: Mittheilungen des Technologischen Gewerbe-Museums in Wien. Section I, Jahrgang VI (1885), Nr. 63.

¹²⁶⁾ Siehe: Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. Wien 1900.

¹²⁷⁾ Siehe: LAUBOECK, G. Das Biegen des Holzes. Weimar 1893.

15) Dauer. Die Dauer des Holzes hängt von einer Anzahl von Umständen ab, unter welchen es erwachsen, geschlagen und getrocknet verwendet ist. Neben den technischen Eigenschaften ist beim Bauholz die Dauerhaftigkeit der wichtigste Faktor für die Beurteilung des Gebrauchswertes. *Moeller* sagt¹²⁸⁾: „Seit Jahrhunderten hat man diesbezüglich einen reichen Schatz von Erfahrungen gefammelt, aus denen man einige im allgemeinen gültige Gesetze ableitet; aber man ist bis zum heutigen Tage nicht imstande, die Dauer des Holzes unter bestimmten Verhältnissen im voraus anzugeben. Diese Unsicherheit führt bekanntlich nicht selten zu schweren Unglücksfällen, für welche man geneigt ist, einzelne Individuen zur Verantwortung zu ziehen, während oft genug weder Sorglosigkeit, noch Mangel an Fachbildung, sondern die Beschränktheit unseres Wissens die Schuld trägt. Es ist nämlich unmöglich, genau vorauszu sehen, welchen Einflüssen verbautes Holz ausgesetzt sein wird, und wäre man in dieser Beziehung der Wirklichkeit auch sehr nahe gekommen, so kennt man doch die Beschaffenheit des gegebenen Holzes nicht hinreichend gut, um im voraus mit Sicherheit sagen zu können, wie es sich den äußeren Einflüssen gegenüber verhalten werde.“

An der Zerstörung des Holzes wirken zwei Gruppen von Schädlichkeiten, und zwar:

α) die atmosphärischen Einflüsse und

β) jene Schädlichkeiten, welche von den pflanzlichen Schmarotzern herrühren.

Die unter α bezeichneten Einflüsse bewirken die langsame Zerfetzung, welche als Verwesung bezeichnet wird, und ist die Luft zugleich feucht, so tritt die Vermoderung ein. Zu den Schädlichkeiten unter β ist zu bemerken, daß bei feuchter und wenig bewegter Luft die Dauer des Holzes von den Spaltpilzen und Schimmelpilzen beeinflusst wird. Durch erstere erfickt das Holz, und durch letztere im Verein mit dem Holzschwamm wird die Fäulnis des Holzes herbeigeführt.

Auch durch die Umstände, unter welchen das Holz dauern soll, wird die Dauerhaftigkeit des Holzes beeinflusst. Nach *Nördlinger* stellt die Berührung des Holzes mit dem Boden dasselbe in bezug auf die Dauer in hohem Maße auf die Probe, weil hier beständiger Wechsel zwischen Sonne und Feuchtigkeit herrscht. Im Boden, stets trocken oder gleichmäßig feucht verweilend, kann Holz Jahrhunderte dauern. Daher ist gleichförmiger Tongrund der Dauer günstig, nicht aber eine in der Tiefe lagernde Tonschicht. Auch stets feuchter Sand ist nicht ungünstig, wohl aber, weil in der Feuchtigkeit stets wechselnd, Kalkboden.

Beständig unter Wasser hält sich das Holz im allgemeinen am besten. In der Luft, im Schatten und geschützt gegen Regen, hält Holz Jahrhunderte. Der Splint von Eichen, Nußbaum usw. wird nach kurzer Zeit vom Splintkäfer zermalmt. Ohne Zweifel wird das unter Dach befindliche Kernholz, namentlich an feuchten Örtlichkeiten, nach Jahrhunderten von Nagekäfern und Bockkäfern zerstört.

Unter Dach an trockenem Orte dauern z. B. Eiche viele Jahrhunderte, desgleichen Tannen, Fichten, Lärchen, Föhren und Ulmen. In feuchten Räumen, z. B. Erdgefchossen, Ställen usw. dauern dieselben Hölzer weniger lang; noch kürzer aber, oft kaum 20 Jahre, da, wo sie vom Regen, getroffen werden; im Nadelholzsplint (Fichte und Tanne) stellen sich zugleich Kerfe ein. Länger hält hier außer Eichen nur der Kern von Lärche und Föhre. Wind und Wetter ausgesetzt oder gar, wie Bahnschwellen, am Boden liegend, ist Birkenholz schon nach einem Jahre ganz faul, Buche und Vogelbeere schon nach wenigen Jahren. Größere Dauer, 7 bis 10 Jahre, zeigt hier Fichte, etwas mehr Tanne, noch mehr Föhren- und Lärchenkern und am meisten Eiche. Stets unter Wasser hält Eichenholz gegen 1000 Jahre; auch Ulme, Erle, Buche und Föhre halten, stets unter Wasser, Jahrhunderte¹²⁹⁾.

¹²⁸⁾ In: Die Rohstoffe des Tischler- und Drechslergewerbes. Kaffel 1883.

¹²⁹⁾ Siehe auch: *SORÖKLIN*. Ueber die Fäulnis der Hölzer. Zeitfchr. f. Bauw. 1883, S. 221.
HARTIG, R. Die Zerstörungen des Bauholzes. Berlin 1885.

Literatur

über „Bauholz“ im allgemeinen.

- NÖRDLINGER, H. Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1860.
 GARRAUD, L. *Études sur les bois de construction*. Paris 1863.
 CHATEAU, TH. *Technologie du bâtiment. Des bois; bois flottés et non flottés; moyens de les reconnaître. Moniteur des arch.* 1869, S. 17.
 NÖRDLINGER, U. Der Holzring etc. Stuttgart 1871.
 Handbuch der chemischen Technologie. Herausgegeben von BOLLEY-BIRNBAUM. 6. Bandes
 1. Gruppe: Die chemische Technologie der Baumaterialien und Wohnungseinrichtungen.
 1. Abth.: Chemische Technologie des Holzes als Baumaterial. Von A. MAYER. Braun-
 schweig 1872.
 EASSIE, P. B. *Wood and its uses*. Gloucester 1874.
 DOKOUPIL, V. Die Bauhölzer. Ein Beitrag zur Kenntniß der Baumaterialien. Bifritz 1876.
 LANGE, W. Das Holz als Baumaterial. Holzminden 1879.
 KAESSNER, B. Der Betriebs-Ingenieur für das Bau- und Fabrikwesen. Theil 2, Abth. 2: Gewin-
 nung und Behandlung des Holzes für Bau und Gewerbe. Leipzig 1880.
 SYKYTKA, W. Das Holz etc. Prag 1882.
 STROTT, G. K. Einiges über Holz. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1882, S. 119, 124, 134.
Some practical notes on building woods. Building news, Bd. 42, S. 718.
 Allgemeine Waarenkunde und Rohstofflehre. Bd. 3: Die Rohstoffe des Tischler- und Drechsler-
 gewerbes. Theil I: Das Holz. Von J. MOELLER. Caffel 1883.
 PRINTZ, E. Die Bau- und Nutzhölzer oder das Holz als Rohmaterial für technische und gewerb-
 liche Zwecke, sowie als Handelsware. Weimar 1884.
 LOREY, T. Handbuch der Forstwissenschaft. Bd. 1, Abth. 2, VIII: Technische Eigenschaften der
 Hölzer. Von W. F. EXNER. Tübingen 1887. 2. Aufl. 1903.
 NÖRDLINGER, H. Die gewerblichen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1890.
 Ferner:
 Allgemeine Holz-Zeitung. Herausg. von B. KAESSNER. Leipzig 1882.
 Holz-Industrie-Zeitung. Red. v. v. O. v. GRUNER. Leipzig 1883—85.
 Allgemeiner Holz- und Forstanzeiger (Holz-Industrie-Zeitung). Red. v. R. GRUNER. Leipzig. Er-
 scheint seit 1886.
 Centralblatt für Holzindustrie. Red. v. E. HOFFMANN. Neufalz a. O. Erscheint seit 1883.

b) Wichtigere Bauhölzer.

191.
Eigenschaften.

Der Begriff „Bauholz“ wird sehr verschiedenartig aufgefaßt, und die bau-
 technische Literatur beschäftigt sich sehr häufig mit Hölzern, die überaus selten,
 man könnte sagen, nur ausnahmsweise im Baufache Verwendung finden. Wir
 glauben viel richtiger vorzugehen, wenn wir unsere Erörterungen auf eine kleine
 Zahl der allerwichtigsten und stets angewendeten Bauhölzer beschränken und dafür
 dieselben um so ausführlicher und erschöpfender behandeln; dagegen die nur aus-
 nahmsweise im Baufache vorkommenden Materialien ganz unberücksichtigt lassen,
 um so mehr als die Erhebung der Eigenschaften in demselben Verhältnisse minder
 ausgedehnt und zuverlässig erscheint, als die Wichtigkeit der Hölzer für die in
 Rede stehende Produktionsrichtung geringer ist.

Die sonst auch übliche Einteilung in Nadel- und Laubhölzer wurde beibehalten, da sie
 für die Technik der Holzkonstruktionen von Bedeutung ist. Die Stämme der Nadelhölzer sind
 geradwüchziger als jene der Laubhölzer; auch sind erstere astreiner und verzüngen sich nach dem
 Zopf zu weniger als letztere. Das Holz der Laubhölzer ist härter und nimmt leichter Politur an
 als jenes der Nadelbäume; aus letzteren lassen sich dagegen längere Pfähle, Balken usw. leichter
 herstellen.

Die Ermittlung der mechanisch-technischen Eigenschaften der Hölzer ist bis
 in die jüngste Zeit sehr zurückgeblieben. Bei dem stetigen raschen Fortschritte,
 welchen die mechanische Technik überhaupt genommen hat, überrascht es, daß
 wir gerade auf diesem einen Gebiete — mit Ausnahme der wenigen Ergebnisse,

welche den verfloffenen letzten zwei Jahrzehnten angehören — faßt keine positiven Unterlagen besitzen. Die Wichtigkeit solcher Versuche, welche uns zuverlässige Aufschlüsse über die Beschaffenheit der verschiedenen Konstruktionshölzer geben, braucht wohl nicht erst besonders hervorgehoben zu werden, da über die Bedeutung des Holzes als Baustoff ja kaum ein Zweifel besteht.

Untenstehend¹⁹⁰⁾ geben wir eine kurze Übersicht über jene Arbeiten, welche in jüngster Zeit veröffentlicht wurden und über die mechanisch-technischen Eigenschaften der Hölzer näheren Aufschluß geben.

2) Nadelhölzer.

1) **Fichte** (*Abies excelsa* DC.). Aussehen: Farbe zwischen gelblich-weiß und rötlich-weiß, Holz ziemlich grob, etwas glänzend (*Nördlinger*), leichter Harzgeruch. — Einheitsgewicht: Grüngewicht 0,400 bis 1,070 (0,735), lufttrocken 0,350 bis 0,600 (0,465, *Karmarsch*); Mittelwerte nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,73, lufttrocken 0,47. — Saftgehalt: Bei frisch gefälltem Holze 45,2 Vomhundert des Gewichtes (*Schübler* und *Hartig*). — Schwinden: Nach *Karmarsch* Längholz 0,076 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,1 bis 2,8 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,0 bis 7,3 Vomhundert, Querholz im Mittel 3,3 Vomhundert; nach *Nördlinger* in der Richtung der Spiegel 1,1 bis 2 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,9 bis 7,3 Vomhundert. — Quellen: Wasseraufnahme bis zur völligen Sättigung in der Richtung der Länge 0,076 Vomhundert, in der Richtung der Spiegel 2,4 Vomhundert, in jener der Jahresringe 6,18 Vomhundert (*Laves*); nach *Weisbach's* Versuchen Zunahme infolge der Durchnässung an Volumen 4,4 bis 8,6 Vomhundert, an Gewicht 70 bis 166 Vomhundert. — Elastizität und Festigkeit¹⁹¹⁾. a) Zug parallel zur Faser: Elastizitätsgrenze 0,209 t¹⁹²⁾, Elastizitätsziffer 90,58 t, Bruchgrenze 370 kg (*Mikolaschek*); Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 746 bis 867 kg, Belastung für die Elastizitätsgrenze 252 kg, die dabei eintretende Verlängerung $\frac{1}{470}$. b) Druck parallel zur Faser: Elastizitätsgrenze 0,18 t, Elastizitätsziffer 134,6 t, Druckfestigkeit 297 kg (*Mikolaschek*); Mittelwerte 296 bis 448 kg (*Nördlinger*); 460 kg (*Schwappach*). c) Biegung: Elastizitätsgrenze 0,13 t, Elastizitätsziffer 70,77 t, Biegezugfestigkeit 425 kg (*Mikolaschek*), Biegezugfestigkeit nach *Karmarsch* (wenn Eiche = 100) 104. d) Abseherungsfestigkeit: parallel zur Faser 50 kg, senkrecht zur Faser 260 kg. — Dauer: In beständiger Nässe toll (für Eiche = 100) Fichtenholz mit 50, in beständiger Trockenheit mit 75 bewertet werden (*Pfeil*); infolge des größeren Harzgehaltes im Witterungswechsel etwas dauerhafter, als Tannenholz (*Karmarsch*). — Verwendung: Wichtiges Bauholz; beliebtes Blindholz; feines Fichtenholz zu Gefäßen.

192.
Fichte.

2) **Tanne** (*Abies pectinata* DC.). Aussehen: Farbe zwischen gelblich- und rötlich-weiß, nicht so hell und gleichmäßig, wie Fichtenholz; die französische Tanne gibt das weißeste Holz aller französischen Abietineen (*Mathieu*); glänzend, kein ausgesprochener Geruch. — Einheitsgewicht (nach *Karmarsch*): Grenzen des Einheitsgewichtes grün 0,770 bis 1,230 (1,00), lufttrocken 0,370 bis 0,746

193.
Tanne.

¹⁹⁰⁾ JENNY, K. Untersuchungen über die Festigkeit der Hölzer aus den Ländern der ungarischen Krone. Budapest 1873.

EXNER, W. F. Studien über das Rothbuchenholz. Wien 1875.

HARTIG, E. Untersuchungen über den Einfluß der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Fichtenholzes, ausgeführt an der Kgl. sächsischen forstlichen Versuchsstation zu Tharand und am Kgl. sächsischen Polytechnikum zu Dresden. Dresden 1876.

MIKOLASCHKE, K. Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der wichtigsten Bau- und Nutzhölzer Böhmens. Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. Bd. II, Heft 1. Wien 1879.

BAUSCHINGER, J. Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit von Fichten- und Kiefern-Bauhölzern. Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Kgl. technischen Hochschule in München. München 1883 u. 1887.

TETMAJER, L. Methoden und Resultate der Prüfung der schweizerischen Bauhölzer. Zürich 1883 u. 1896.

LAUBOECK, G. Die technische Verwendung des Ailanthus-Holzes mit besonderer Berücksichtigung des Wagenbaues. Mitth. d. k. k. Technologischen Gewerbe-Museums. Wien 1885.

RUDELOFF, M. Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forsten ausgeführten Holzuntersuchungen. Berlin 1889.

Ueber Untersuchungen der technischen Eigenschaften des Holzes durch die Forst-Akademie Eberswalde. Deutsche Bauz. 1896, S. 359.

WIJKANDER, A. Untersuchung der Festigkeits-Eigenschaften schwedischer Holzarten etc. Gothenburg 1898.

SCHWAPPACH, A. Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume. — I. Die Kiefer. Berlin 1897. — II. Fichte, Weißtanne, Weymouthskiefer und Rothbuche. Berlin 1898.

HADECK, A. & G. JANKA. Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der österreichischen Bauhölzer. I. Fichte Südtirols. Wien 1900. — II. Fichte von Nordtirol ufw. Wien 1904.

¹⁹¹⁾ Über Knickfestigkeit der Fichte siehe den Aufsatz *Bauschinger's* in: Bair. Forstwissenschaftliches Centralblatt 1879.

¹⁹²⁾ Die Elastizitäts- und Festigkeitsangaben sind auf das Quadr.-Centimeter bezogen.

(0,558); Mittelwerte (nach *Nördlinger*) grün 1,00, lufttrocken 0,48 (*Gayer*); Grenzen für Lufttrockengewicht 0,405 bis 0,703 (*Chevandier-Wertheim*). — Saftgehalt: Bei frisch gefälltem Holze 37,1 Vomhundert des Gewichtes (*Hartig* und *Schübler*). — Schwinden: Entrindet nach dem Halbmeffer 1,9 Vomhundert, nach der Sehne 2,4 Vomhundert (*Nördlinger*); Längenholz 0,086 bis 0,122 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,7 bis 4,82 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 4,1 bis 8,13 Vomhundert (*Karmarsch*). — Quellen: Entrindetes Tannenholz nach der Länge 0,104 Vomhundert, dem Halbmeffer 4,82 Vomhundert, der Sehne 8,13 Vomhundert (*Laves*); aus *Weisbach's* Verfuchen bei völliger Durchnäßung eine Volumzunahme von 3,6 bis 7,2 Vomhundert, an Gewicht 83 bis 123 Vomhundert. — Elastizität und Festigkeit. α) Zug parallel zur Fafer: Elastizitätsgrenze 0,167 t, Elastizitätsziffer 139,65 t, Bruchgrenze 713 kg (*Mikolafschek*); Mittelwerte (*Chevandier-Wertheim*) Elastizitätsgrenze 0,2135 t, Elastizitätsziffer 111,32 t, Bruchgrenze 418 kg, dieselbe berechnet für Bohlen 588 kg, für Bretter 650 kg; Belastung für die Elastizitätsgrenze 249 kg, die dabei eintretende Verlängerung $\frac{1}{500}$ (*Karmarsch*); Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 111 bis 1048 kg, nach *Nördlinger* 1087 kg. β) Quersugfestigkeit: Zug im Sinne des Halbmeffers Elastizitätsziffer 9,45 t, Bruchgrenze 22 kg; im Sinne der Tangente Elastizitätsziffer 3,41 t, Bruchgrenze 29,7 kg; Quersugfestigkeit nach *Karmarsch* 12 bis 41 kg. γ) Druck parallel zur Fafer: Elastizitätsgrenze 0,28 t, Elastizitätsziffer 172,35 t, Druckfestigkeit 312 kg (*Mikolafschek*), 425 kg (*Nördlinger*), 400 kg (*Schwappach*). δ) Biegung: Elastizitätsgrenze 0,143 t, Elastizitätsziffer 75,545 t, Biegungsfestigkeit 430 kg (*Mikolafschek*); Mittelwerte nach *Ebbels* und *Tredgold* Elastizitätsziffer 99,1 t, Festigkeit 728,4 kg; senkrecht zu den Fasern Elastizitätsziffer 2,53 t; Biegung ganzer Trumme Elastizitätsziffer 20,39 bis 119,37 t (*Chevandier-Wertheim*), Vogelfen-Tanne Biegungsfestigkeit 510 kg (*Chevandier-Wertheim*), 838 kg (*Nördlinger*). ϵ) Abfcherungsfestigkeit: parallel zur Fafer 30 kg, senkrecht zur Fafer 273 kg (*Mikolafschek*); nach der Faserrichtung 42 bis 50 kg (*Karmarsch*). — Dauer: Tannenholz ist außerordentlich dauerhaft, wenn es trocken gehalten wird; es steht der Fichte voran (*Nördlinger*); beständig unter Wasser ist es von ziemlicher Dauer, dagegen weniger bei abwechselnder Nässe und Trockenheit. — Verwendung: Als Bauholz in feuchten Räumen der Fichte vorgezogen; es scheint in gewisser Hinsicht dem Fichtenholz nachzulehen, denn seine Horizontal-Tragkraft verhält sich nach *Mufchenbroek* zu jener des Fichtenholzes wie 86:100, seine Elastizität wie 86:95 (*Mathieu*); wegen der leichten Spaltbarkeit beliebtes Material zu Schindeln.

3) **Lärche** (*Larix europae DC.*). Aussehen: Farbe des verschieden breiten Splintes gelblich-weiß, des Kernholzes rotbraun, glänzend. — Einheitsgewicht: Mittelwerte nach *Nördlinger* grün 0,69, lufttrocken 0,54, dürr 0,46 (*Pfeil-Werneck*); altes Lärchenholz 0,66, junges 0,55 (*Mathieu*); Grüngewicht 0,520 bis 1,000 (0,760), lufttrocken 0,440 bis 0,800 (nach *Karmarsch* 0,62). — Saftgehalt: frisch gefällt 48,6 Vomhundert des Gewichtes (*Schübler* und *Hartig*); Mittelwert nach *Nördlinger* 25,7 (17,1 bis 45,9) Vomhundert. — Schwinden: Längenschwindung 0,1 Vomhundert, nach dem Halbmeffer 2,3 Vomhundert, der Sehne 4,3 Vomhundert (*Nördlinger*); Längenholz 0,013 bis 0,288 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,3 bis 7,3 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 1,4 bis 7,1 Vomhundert; Querholz im Mittel 4,02 Vomhundert (*Karmarsch*). — Quellen: Bis zur vollständigen Sättigung mit Wasser nach der Länge 0,075 Vomhundert, im Halbmeffer 2,17 Vomhundert, in der Sehne 6,3 Vomhundert (*Laves*). — Elastizität und Festigkeit. α) Zug parallel der Fafer: Elastizitätsgrenze 0,172 t, Elastizitätsziffer 126,2 t, Bruchgrenze 588 kg (*Mikolafschek*); Belastung bis zur Elastizitätsgrenze 142 kg, die dabei eintretende Verlängerung $\frac{1}{500}$ (*Karmarsch*), 941 bis 1390 kg (*Nördlinger*). β) Druck parallel der Fafer: Elastizitätsgrenze 0,24 t, Elastizitätsziffer 43,45 t, Bruchgrenze nach *Mikolafschek* 320 kg, nach *Nördlinger* 406 bis 625 kg. γ) Biegung: Elastizitätsgrenze 0,157 t, Elastizitätsziffer 68,42 t, Biegungsfestigkeit 469 kg (*Mikolafschek*); Elastizitätsziffer 60,13 bis 135,6 t, Biegungsfestigkeit 988 bis 1323 kg (*Nördlinger*). δ) Abfcherungsfestigkeit: parallel zur Fafer 43 kg, senkrecht zur Fafer 246 kg (*Mikolafschek*). — Dauer: Im Trockenem sowohl, als auch dem Witterungswechsel ausgesetzt, ist es von ausgezeichnete Dauer; unter Wasser wird es feinhart (*Nördlinger*). — Verwendung: Von hervorragender Qualität für Schiffbau, Brücken-, Wasser- und Grubenbauten; bei Hochbaukonstruktionen nur beschränkte Verwendung, für Möbelbau (schöne Politur), Parquetböden, Lambris und Getäfel.

4) **Kiefer** oder **Föhre** (*Pinus sylvestris L.*). Aussehen: Farbe des sehr breiten Splintes (nach *Nördlinger* 25 bis 80 Jahresringe umfassend) gelblich bis rötlich-weiß, das Kernholz unmittelbar nach dem Fällen ebenso, später im trockenem Zustande bräunlich-rot (*Hartig*); das Holz ist nach Frühlings- und Sommertheil der Jahresringe ungleichförmig und daher weniger schön, wie Fichten- und Tannenholz (*Nördlinger*); glänzend, Kern wohlriechend. — Einheitsgewicht: nach *Karmarsch*, Grüngewicht 0,380 bis 1,078 (0,729), lufttrocken 0,310 bis 0,828 (0,569); Mittelwerte nach *Nördlinger* grün 0,70, lufttrocken 0,52, 0,49 (*Schwappach*). — Saftgehalt: frisch gefällt 39,7 Vomhundert des Gewichtes (*Schübler* und *Hartig*), 0,52 Vomhundert (*Nördlinger*). — Schwinden: nach

Karmarsch Längenholz 0,008 bis 0,201 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,6 bis 3,8 (2,2) Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,0 bis 6,8 (3,3) Vomhundert; Längenschwindung 0,01 Vomhundert, in der Richtung der Spiegel 2,9 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 5,4 Vomhundert (nach *Nördlinger*). — Quellen bis zur völligen Sättigung mit Wasser in der Länge 0,12 Vomhundert, in der Richtung der Spiegel 3,04 Vomhundert, in der Sehne 5,72 Vomhundert (*Laves*). — Elastizität und Festigkeit. α) Zug in der Richtung der Faser: Elastizitätsgrenze 0,17 t, Elastizitätsziffer 119,9 t, Bruchgrenze 430 kg (*Mikolaschek*); Vogefen-Föhre Elastizitätsziffer 56,4 t, Bruchgrenze 250 kg (*Chevandier-Wertheim*); Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 144 bis 1278 kg, nach *Nördlinger* 1065 kg. β) Querzugfestigkeit 15 bis 59 kg (*Karmarsch*); in der Richtung der Spiegel 40 kg, in der Richtung der Jahresringe 19 kg (*Chevandier-Wertheim*). γ) Druck: Elastizitätsgrenze 0,26 kg, Elastizitätsziffer 66,1 t, Druckfestigkeit 302 kg (*Mikolaschek*), 444 kg (*Nördlinger*), 480 kg (*Schwappach*). δ) Biegung: Elastizitätsgrenze 0,0797 t, Elastizitätsziffer 61,74 t, Biegungsfestigkeit 327 kg (*Mikolaschek*); Hohenheimer Kiefer Elastizitätsziffer 65,4 t, Biegungsfestigkeit 973 kg (*Nördlinger*). ε) Abscherungsfestigkeit: 31 kg, senkrecht zur Faser 210 kg. — Dauer: Föhrenholz ist von ausgezeichneter Dauer; Föhrenstangen weniger dauerhaft (2 Jahre), als Fichtenstangen (8 bis 10 Jahre, nach *Nördlinger*). — Verwendung: Vorzüglich brauchbar als Bauholz, wird aber, wenn es trocken steht, leicht von Insekten angegangen; Brunnenröhren usw.; minder beliebt als Tischlerholz wegen des Geruches und weil es unter dem Hobel leicht einreißt, daher keine Glätte annimmt (*Nördlinger*); für große Schiffsmasten das beste Holz.

3) Laubhölzer.

5) *Eiche* (*Quercus pedunculata Ehrh.*). Aussehen: das Holz ist sofort kenntlich an dem Ringe großer Poren im Frühlingsholz, an den glänzenden breiten Markstrahlen und an der eigentümlichen, in verschiedenen Nuancen hellbraunen Farbe, welche der Eiche ihren Namen verdankt. — Einheitsgewicht: nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,93 bis 1,28 (1,1), lufttrocken 0,69 bis 1,03 (0,86). — Saftgehalt: bei frisch gefälltem Holze 22 bis 39 Vomhundert des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: nach *Karmarsch* Längenholz 0,2 bis 0,3 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 3,2 bis 3,3 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 0,8 bis 7,3 Vomhundert; Querholz im Mittel 3,65 Vomhundert; nach *Nördlinger* in der Richtung der Spiegel 1 bis 3 Vomhundert, in jener der Jahresringe 1 bis 7 Vomhundert. — Quellen: bei Wasseraufnahme bis zur völligen Sättigung Längenausdehnung für junges Holz 0,4 Vomhundert, für gedämpftes 0,32 Vomhundert, für altes 0,13 Vomhundert, Ausdehnung in der Richtung der Spiegel bei jungem Holze 3,9 Vomhundert, bei gedämpftem Holze 2,66 Vomhundert, bei altem Holze 3,13 Vomhundert; Ausdehnung in der Richtung der Jahresringe bei jungem Holze 7,55 Vomhundert, bei gedämpftem Holze 5,59 Vomhundert, bei altem Holze 7,78 Vomhundert (*Laves*); nach *Weisbach's* Versuchen ergibt sich bei völliger Durchnässung eine Zunahme an Volum um 5,5 bis 7,9 Vomhundert, an Gewicht 60 bis 91 Vomhundert. — Elastizität und Festigkeit. α) Zug parallel zur Faser: Elastizitätsgrenze 0,35 t, Elastizitätsziffer 103 t, Bruchgrenze 685 kg, (*Mikolaschek*); Mittelwerte nach *Chevandier-Wertheim* Elastizitätsziffer 97,78 t, Bruchgrenze 649 kg, Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 223 bis 1451 kg, nach *Nördlinger* 1311 kg; Belastung für die Elastizitätsgrenze 272 kg, die dabei eintretende Verlängerung $\frac{1}{430}$ (*Karmarsch*). β) Querzugfestigkeit: Zug im Sinne des Halbmessers Elastizitätsziffer 18,87 t, Bruchgrenze 58,2 kg; im Sinne der Tangente Elastizitätsziffer 12,98 t, Bruchgrenze 40,6 kg (*Chevandier-Wertheim*); Querzugfestigkeit nach *Karmarsch* 44 bis 61 kg. γ) Druck parallel zur Faser: Elastizitätsgrenze 0,222 t, Elastizitätsziffer 125 t, Druckfestigkeit 364 kg (*Mikolaschek*), 511 kg (*Nördlinger*). δ) Biegung: Elastizitätsgrenze 0,271 t, Elastizitätsziffer 73,5 t, Biegungsfestigkeit 618 kg, (*Mikolaschek*), 1020 kg (*Nördlinger*). ε) Abscherungsfestigkeit: nach *Karmarsch* in der Richtung der Fasern 61 bis 97 kg, parallel zur Faser 92 kg, senkrecht zur Faser 349 kg (*Mikolaschek*). — Dauer: Eichenholz, bei mildem Klima und im freien Sande gewachsen, liefert das dauerhafteste Holz; von außerordentlicher Dauerhaftigkeit unter Wasser, im Boden, im Wind und Wetter, unter Dach; unter Dach wird es mit der Zeit spröder; Splint gewöhnlich nach wenigen Jahren im Freien eine Beute der Moderung, verfällt unter Dach dem Splintkäfer. — Verwendung: das Eichenholz ist wegen seines hohen Preises und seines hohen Einheitsgewichtes als Hochbauholz vielfach durch das Fichten-, Lärchen- und Kiefernholz verdrängt worden. Es ist ein vorzügliches Wasser- und Erdbauholz; Wasserleitungsrohre aus Eiche geben dem Wasser einen unangenehmen Geschmack; junges Eichenholz ist feiner größeren Dichte halber zu Schwellen mehr geeignet, als altes Stamm- oder Altholz; im Tischlergewerbe zu massiven Möbeln und Hausgeräten, zur inneren Auskleidung der Wohn-, Wirtschafts- und Fabrikgebäude, als Blindholz; schlichtes und maferiges Holz zu Fournieren; Parkettfabrikation; vorzügliches Schindelholz; vortrefflich für Säulen und für Pfähle unter Wasser.

6) **Traubeneiche** (*Quercus sessiliflora* Ehrh.). Einheitsgewicht: Grüngewicht 0,87 bis 1,16 (1,01); lufttrocken 0,53 bis 0,96 (0,745 *Nördlinger*). — Saftgehalt: Bei frisch gefälltem Holze 27 bis 32 Vomhundert des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Nach *Karmarſch* Längenholz 0,028 bis 0,435 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,1 bis 7,5 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,5 bis 10,6 Vomhundert, Querholz im Mittel 5,42 Vomhundert, nach *Nördlinger* in der Richtung der Spiegel 1 bis 4 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 3 bis 11 Vomhundert. — Elaſtizität und Feſtigkeit. α) Zug parallel zur Faſer; Elaſtizitätsgrenze 0,282^t, Elaſtizitätsziffer 82,6^t, Bruchgrenze 466 kg (*Mikolaſchek*); Mittelwerte nach *Chevandier-Wertheim*: Elaſtizitätsgrenze 0,235^t, Bruchgrenze 566 kg. β) Druck parallel zur Faſer: Elaſtizitätsgrenze 0,209^t, Elaſtizitätsziffer 93,3^t, absolute Druckfeſtigkeit 258 kg (*Mikolaſchek*). γ) Biegung: Elaſtizitätsgrenze 0,177^t, Elaſtizitätsziffer 62^t, Biegungsfeſtigkeit 453 kg (*Mikolaſchek*). δ) Abſcherungsfeſtigkeit: parallel zur Faſer 70 kg, ſenkrecht zur Faſer 190 kg (*Mikolaſchek*).

197.
Rotbuche.

7) **Rotbuche** (*Fagus ſylvatica* L.). Ausſehen: bei der Rotbuche erfolgt der Übergang von Splint zu Reifholz und Kern ſo allmählich, daß manche ſie für einen Splintbaum halten (*Hartig*); der weiße Splint, wie der braune Kern haben einen rötlichen Anflug; die Jahreslagen ſind deutlich abgegrenzt durch das dunkler gefärbte Herbltholz; die Markſtrahlen von verſchiedener Breite erſcheinen auf Querschnitten lichter, auf Längſchnitten dunkler, als das umgebende Holz. — Eigengewicht: nach *Karmarſch* Grüngewicht 0,852 bis 1,12 (0,986), lufttrocken 0,9 bis 0,909 (0,748); nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,90 bis 1,12 (1,01), lufttrocken 0,66 bis 0,83 (0,745), 0,67 (*Schwappach*); das ſpezifische Grüngewicht der im geſchloſſenen Beſtande erwachſenen Rotbuche iſt umſo größer, je höher das Holz über dem Erdboden liegt, je weiter es von der Wurzel entfernt iſt (*Exner*); das ſpezifische Lufttrockengewicht, vom Stocke aus nach oben zugehend, ſinkt zuerſt, um in der Höhe der Baumkrone eine bedeutende Steigerung zu erfahren und hier ſeinen Größtwert zu erreichen (*Exner*). — Saftgehalt: friſch gefällt 20 bis 43 Vomhundert des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längenholz 0,20 bis 0,34 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 2,3 bis 6 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 5 bis 10,7 Vomhundert; Querholz im Mittel 6 Vomhundert (*Karmarſch*); in der Richtung der Spiegel 2 bis 6 Vomhundert, in jener der Jahresringe 7 bis 11 Vomhundert (*Nördlinger*); das Schwindmaß nimmt mit der Höhe im Baume ab (*Exner*). — Quellen: bis zur vollſtändigen Sättigung mit Waſſer Längenausdehnung 0,2 Vomhundert, Ausdehnung in der Richtung der Spiegel 5,03 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 8,06 Vomhundert (*Laves*); nach *Weisbach*'s Verſuchen Zunahme inſolge der Durchnäſſung an Volum 9,5 bis 11,8 Vomhundert, an Gewicht 63 bis 99 Vomhundert. — Elaſtizität und Feſtigkeit. α) Zug in der Richtung der Faſer: Elaſtizitätsgrenze 0,245^t, Elaſtizitätsziffer 140,8^t, Bruchgrenze 364 kg (*Mikolaſchek*); Elaſtizitätsgrenze 0,2317^t, Elaſtizitätsziffer 98,04^t, Bruchgrenze 357 kg (*Chevandier-Wertheim*); Bruchgrenze 111 bis 664 kg (*Nördlinger*); Zugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 111 bis 1527 kg, Belaſtung für die Elaſtizitätsgrenze 163 kg, die dabei eintretende Verlängerung $\frac{1}{150}$ (*Karmarſch*), 163,6 kg nach *Nördlinger*. β) Querzugfeſtigkeit: Zug im Sinne des Halbmeſſers Elaſtizitätsziffer 26,97^t, Bruchgrenze 88,5 kg; im Sinne der Tangente Elaſtizitätsziffer 15,93^t, Bruchgrenze 75,2 kg; Querzugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 65 bis 122 kg. γ) Druck parallel der Faſer: Elaſtizitätsgrenze 0,249^t, Elaſtizitätsziffer 174,3^t, Druckfeſtigkeit 386 kg (*Mikolaſchek*), 612 kg nach *Nördlinger*, 540 kg (*Schwappach*). δ) Biegung: Elaſtizitätsgrenze 0,198^t, Elaſtizitätsziffer 97,6^t; Biegungsfeſtigkeit nach *Mikolaſchek* 709 kg; Biegungsfeſtigkeit nach *Nördlinger* 1153 kg. ε) Abſcherungsfeſtigkeit: parallel zur Faſer 81 kg, ſenkrecht zur Faſer 391 kg (*Mikolaſchek*), nach der Faſerrichtung 66 bis 68 kg (*Karmarſch*). — Dauer: äußerſt dauerhaft unter Waſſer, aber von kurzer Dauer im Freien (Fäulnis) und unter Dach (Nagekäfer); das Buchenholz iſt unter den Laubhölzern am meiſten dem Wurmfraß ausgeſetzt. — Verwendung: Bauholz für unter Waſſer bleibendes Zimmerwerk; für Wände, Decken, Dachſtühle uſw. nur ſelten verwendet, wohl aber zur Auskleidung, zu Treppen Fußböden uſw.; vorzüglich als Straßenpflaſter und Brückenbelag. Eine Hauptverwendung findet das Rotbuchenholz zur Erzeugung von Möbeln aus gebogenem Holze; in der Tiſchlerei zu einfachen Möbeln, imprägniert auch zu Luxusmöbeln ¹³³⁾.

198.
Ulme.

8) **Ulme** (*Ulmus campeſtris* L.). Ausſehen: die Ulmen haben einen gelblichen Splint und bräunlichen Kern. — Eigengewicht: nach *Karmarſch* Grüngewicht 0,73 bis 1,18 (0,955), lufttrocken 0,560 bis 0,854 (0,707); nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,73 bis 1,18 (0,955), lufttrocken 0,56 bis 0,82 (0,69). — Saftgehalt: bei friſch gefälltem Holze 24 bis 44 Vomhundert des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längenholz 0,014 bis 0,028 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,2 bis 4,6 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,7 bis 8,5 Vomhundert; Querholz im Mittel 4,25 Vomhundert (*Karmarſch*), in der Richtung der Spiegel 1 bis 4 Vomhundert, in der

¹³³⁾ Siehe auch: Die Verwendung des Buchenholzes zu Bauzwecken. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 483.

Richtung der Jahresringe 4 bis 8 Vomhundert (*Nördlinger*). — Quellen: bei Wasseraufnahme bis zur völligen Sättigung und Längenausdehnung 0,124 Vomhundert; Ausdehnung in der Richtung der Spiegel 2,94 Vomhundert; in jener der Jahresringe 6,22 Vomhundert (*Laves*); nach *Weisbach's* Versuchen Zunahme infolge der Durchnässung an Volum 9,7 Vomhundert, an Gewicht 102 Vomhundert. — Elastizität und Festigkeit. α) Zug parallel zur Fafer: Elastizitätsgrenze 0,147 t, Elastizitätsziffer 132,5 t, Bruchgrenze 450 kg (*Mikolajchek*); Mittelwerte von *Chevandier-Wertheim* Elastizitätsgrenze 0,1842 t, Elastizitätsziffer 116,53 t, Bruchgrenze 699 kg; Zugfestigkeit nach *Karmarsch* 182 bis 1040 kg, Belastung für die Elastizitätsgrenze 220 kg, die dabei eintretende Verlängerung $\frac{1}{414}$; nach *Nördlinger* Bruchgrenze 2107 kg. β) Querszugfestigkeit: Zug im Sinne der Fafer Elastizitätsziffer 12,26 t, Bruchgrenze 34,5 kg; im Sinne der Tangente Elastizitätsziffer 6,34 t; Bruchgrenze 36,6 kg; Querszugfestigkeit nach *Karmarsch* 34 bis 37 kg. γ) Druck parallel der Fafer: Elastizitätsgrenze 0,155 t, Elastizitätsziffer 103,3 t; Druckfestigkeit 236 kg (*Mikolajchek*), 540 kg nach *Nördlinger*. δ) Biegung: Elastizitätsgrenze 0,156 t, Elastizitätsziffer 64,7 t, Biegezugfestigkeit 437 kg (*Mikolajchek*), nach *Nördlinger* 1381 kg. ϵ) Abfcherungsfestigkeit: parallel zur Fafer 61 kg, senkrecht zur Fafer 269 kg (*Mikolajchek*). — Dauer: sehr dauerhaft im Freien, unter Wasser und im Trockenem. — Verwendung: für Zimmerarbeiten und sonst im Hochbauwesen zu kostbar und von der Eiche übertroffen; vortrefflich zu Glockenstühlen usw.; das schlichte Holz findet in neuerer Zeit Anwendung bei der Parketterzeugung.

g) *Efche* (*Fraxinus excelsior* L.). Aussehen: der breite weiße Splint geht durch Reifholz allmählich in den bräunlich gefärbten Kern über; die Jahresringe sind durch einen breiten Porenring im Frühlingsholze scharf abgegrenzt. — Einheitsgewicht: nach *Karmarsch* Grüngewicht 0,70 bis 1,14 (0,92), lufttrocken 0,54 bis 0,94 (0,74). — Saftgehalt: bei frisch gefälltem Holze 14 bis 34 Vomhundert des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längenholz 0,187 bis 0,821 Vomhundert, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,5 bis 7,8 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 2,6 bis 11,8 Vomhundert; Querholz im Mittel 5,67 Vomhundert (*Karmarsch*); in der Richtung der Spiegel 3 bis 4 Vomhundert, in der Richtung der Jahresringe 3 bis 11 Vomhundert (*Nördlinger*). — Quellen: bei Wasseraufnahme bis zur völligen Sättigung Längenausdehnung für junges Holz 0,821 Vomhundert, für altes 0,187 Vomhundert, Ausdehnung in der Richtung der Spiegel für junges Holz 4,05 Vomhundert; für altes 3,84 Vomhundert; in der Richtung der Jahresringe für junges Holz 6,56 Vomhundert, für altes 7,02 Vomhundert (*Laves*); nach *Weisbach's* Versuchen Zunahme infolge der Durchnässung an Volum 7,5 Vomhundert, an Gewicht 70 Vomhundert. — Elastizität und Festigkeit. α) Zug parallel der Fafer: Mittelwerte nach *Chevandier-Wertheim* Elastizitätsgrenze 0,2020 t, Elastizitätsziffer 112,14 t, Bruchgrenze 678 kg; Bruchgrenze 522 bis 716 kg (*Nördlinger*); Belastung für die Elastizitätsgrenze 252 kg, die dabei eintretende Verlängerung $\frac{1}{385}$; Zugfestigkeit 522 bis 1210 kg (*Karmarsch*); nach *Nördlinger* 1345 kg. β) Querszugfestigkeit: Zug im Sinne des Halbmessers Elastizitätsziffer 11,13 t, Bruchgrenze 21,8 kg; im Sinne der Tangente Elastizitätsziffer 0,102 t, Bruchgrenze 40,8 kg (*Chevandier-Wertheim*); Querszugfestigkeit nach *Karmarsch* 22 bis 41 kg; Druckfestigkeit nach *Nördlinger* 439 kg. γ) Biegezugfestigkeit: nach *Nördlinger* 1155 kg. — Dauer: der Witterung ausgelezt und im Freien von geringer Dauer; auch verfällt das junge Holz im Trockenem dem Splintkäfer; im Boden ohne Dauer. — Verwendung: die Fourniere zu Möbel; besonders schöne Fourniere von ungarischem Eichenholz; Bretter.

Außer den genannten Bauhölzern finden wohl auch andere wegen ihrer besonderen Eigenschaften in einzelnen Fällen Anwendung. Von inländischen Holzarten ist Ahorn wegen seines reinen, weißen Ansehens neben dunkleren Hölzern sehr wirksam, daher zu Parkett-Fußböden und Einlagen, überhaupt zu feinen Tischlerarbeiten beliebt. Linde, sehr weiß und sehr weich, mit kaum erkennbaren Jahresringen, läßt sich sehr gut schneiden und ist daher für den Holzbildhauer von ganz besonderem Wert. Pappel, weich aber sehr zähe, meist dicht und gleichmäßig, wirft sich wenig und wird für Trittschwellen, Tischplatten, Tafelungen und Fußböden, für Drechler- und Holzchnitzarbeiten oft mit Vorteil verwendet. Nußbaum, dicht und fest, zeigt sehr schöne, flammige Malerung, welche durch die Politur äußerst wirksam hervortritt, ist daher besonders zu Fournieren für feine Tischlerarbeiten geschätzt. Von ausländischen und überseeischen Holzarten dient demselben Zweck Mahagoni; andere seltene und kostbare Hölzer für Luxusarbeiten bleiben hier unerwähnt.

199.
Eiche.200.
Andere
Bäume.

In neuester Zeit haben sich von den überseeischen Holzarten die Zypresse, namentlich aber *Yellow-pine* und *Pitch-pine* Eingang verschafft.

201.
Yellow-pine
und
Pitch-pine.

Amerikanische Kiefer (*Pinus rigida*, *pinus australis*¹⁸⁴⁾). Aussehen: Rötlich-gelb, wenig Splint; Stämme von 40 cm Durchmesser haben oft 25 cm vollständiges Kernholz; Jahresringe sehr eng und voneinander gleich weit entfernt, wenig Astknoten; Harzgehalt größer als bei der europäischen Kiefer, besonders harzreich jedoch an der See; im letzteren Falle heißt der Baum *Pitch-pine* (feifiges Aussehen, gegen das Licht gehalten rötlich durchscheinend), sonst *Yellow-pine* (undurchscheinend, weniger rötlich gefärbt). — Einheitsgewicht: *Pitch-pine* 0,78 bis 1,03, *Yellow-pine* 0,68. — Schwinden: Schwindmaß bedeutend, bei Querholz 1,6 bis 4,6 Vomhundert. — Quellen: etwa 0,6 Vomhundert. — Elastizität und Festigkeit: kommt der der Eiche sehr nahe; Zugfestigkeit nach *Knight* 843 kg, nach *Barlow* 738 kg; Druckfestigkeit nach *Hodgkinson* 477 kg; Abfederungsfestigkeit nach *Trautwine* 305 bis 403 kg. — Dauer: Wegen des großen und sehr gleichförmig verteilten Harzgehaltes dauerhafter als die europäische Kiefer; *Pitch-pine* dauerhafter als *Yellow-pine*; letzteres hat eine bedeutende Dauer nur dann, wenn es splintfrei ist; *Pitch-pine* widersteht der Fäulnis und dem Wurm sehr gut. — Verwendung: In Amerika vielfach zum Häuserbau; kommt nach Deutschland und Frankreich in Blöcken von 26 bis 56 cm Querschnittsseite und 10 bis 20 m Länge und kann als Ersatz für Eichen- und Teakholz verwendet werden, ohne es eine Reihe von Jahren trocknen zu müssen. Der hohe Harzgehalt des *Pitch-pine* schränkt dessen Anwendung auf solche Fälle ein, wo die Rücksicht auf Widerstand gegen Feuchtigkeit im Vordergrund steht und wo weder Sauberkeit der Oberfläche, noch des Aussehens erforderlich ist; das harzärmere *Yellow-pine* dagegen ist zu Fußböden, Türen, Fenstern und Außenverchalungen sehr geeignet.

c) Holzfortimente.

202.
Rundholz
und
Balken.

Das Bauholz kommt im Handel meist als unbebeiltes (unbefchlagenes) oder Rundholz, als bebeiltes (befchlagenes) Kantholz und als Schnittholz, seltener als Spaltholz vor. Man hat ferner das geflöbte von dem nicht geflöbten zu unterscheiden.

Rundholz oder unbebeiltes Holz, auch Blockholz genannt, kommt in dem Zustande, worin es sich nach dem Fällen befindet, entweder entrindet oder seltener unentrindet auf den Markt. Kantig zugehauen (mit dem Beile oder der Axt gebeilt) oder zugeschnitten (mit der Säge), gibt das Rundholz die sog. Balken, welche als extrastarkes, Mittel- und Kleinbauholz in den Handel kommen.

Extra starkes Bauholz hat 35 bis 40 cm Querschnittsabmessung, ist 13 bis 15 m lang und wird im Hochbau nur sehr selten verwendet (zu sehr kräftigen Unterzügen, Grundschwellen usw.). Starkes Bauholz von 30 bis 35 cm Querschnittsabmessung und 12 bis 14 m Länge gibt, durch einen Sägeschnitt geteilt, das sog. Halbholz, durch zwei sich kreuzende Sägeschnitte geteilt, das sog. Kreuzholz. Mittelbauholz und Kleinbauholz haben im Mittel bzw. 25 und 20 cm Querschnittsabmessung, sowie 12 und 10 m Länge.

Noch schwächere Bauhölzer heißen Bohlstämme (etwa 15 cm stark) und Lattenstämme (etwa 10 cm dick); sie werden auch noch, zum Unterschied von den Kreuzhölzern, als einftielig bezeichnet; letztere sind selbstredend wertvoller, da sie weniger Splint haben und überhaupt von besserer Qualität sind.

203.
Schnittholz.

Zum Schnittholz gehören außer den schon erwähnten geschnittenen Balken noch die Bohlen¹⁸⁵⁾, die Bretter, Dielen¹⁸⁶⁾ oder Borde, die Latten und die Fourniere. Die Bohlen sind 5 bis 10 cm dick, und man unterscheidet die Zopfbohlen von den wertvolleren Stammbohlen. In gleicher Weise werden bei den Brettern Zopf- und Stammbretter geschieden; dieselben haben 1,5 bis 4,5 cm Dicke; schmale

¹⁸⁴⁾ Vergl.: Deutsche Bauz. 1879, S. 23. — HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1880, S. 26. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 47, 225. — Baugwks.-Ztg. 1881, S. 439. — *Annales des ponts et chaussées* 1879-1, S. 73.

¹⁸⁵⁾ In Österreich heißen die Bohlen auch Pfoften.

¹⁸⁶⁾ In Süddeutschland heißen die Bohlen auch Dielen.

Bretter (etwa 15^{cm} Breite) heißen Riemen, solche von 20 bis 25^{mm} Dicke Schalbretter; Bohlen und Bretter haben Längen von 3,00^m, 4,50^m, selten mehr, selbst bis 7,50^m und darüber. Die Bohlen und die Bretter werden nicht selten befäumt.

Latten, wenn sie für die Dachdeckung benutzt werden, erhalten 2 bis 3^{cm} Dicke und 5 bis 7^{cm} Breite; Doppellatten 3 bis 5^{cm} Dicke und 6 bis 10^{cm} Breite; die Länge beider ist jener der Bretter gleich. Spalierlatten sind 4^{cm} breit, 2^{cm} dick und 3,00 bis 4,50^m, selbst 5,00^m lang. Fourniere haben eine Stärke von 6 bis 15^{mm} und eine Länge von 1 bis 3^m.

In den Abmessungen der im Handel vorkommenden Bauhölzer herrscht große Verschiedenheit, woraus mannigfaltige Unzuträglichkeiten entstehen. Um letzteren zu begegnen, hat im Jahre 1808 der „Innungsverband deutscher Baugewerksmeister“ Normalprofile für Bauhölzer festgesetzt, und im gleichen Jahre hat der preußische Minister der öffentlichen Arbeiten die Einführung dieser Normalprofile den ihm unterstellten Behörden empfohlen. Sie sind aus den beiden nachfolgenden Tabellen zu entnehmen:

Kantholz.
Normalprofile in Centimetern.

8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
8/8	8/10	10/12	10/14	12/16	14/18	14/20	16/22	18/24	20/26	22/28	24/30
—	10/10	12/12	12/14	14/16	16/18	16/20	18/22	20/24	24/26	26/28	28/30
—	—	—	14/14	16/16	18/18	18/20	20/22	24/24	26/26	28/28	—
—	—	—	—	—	—	20/20	—	—	—	—	—

Schnittholz.

(Bretter, Bohlen, Pfosten, Latten.)

In Längen von 3,50, 4, 4,50, 5, 6, 7 und 8^m.

In Stärken von 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120 und 150^{mm}.

Befäumte Bretter in Breiten von Centimetern steigend.

Zu Spalthölzern gehören die 45^{cm} langen und 12 bis 18^{cm} breiten Scharfchindeln und die Legschindeln, 90^{cm} lang und 18 bis 30^{cm} breit.

Von einigen anderen Holzfortimenten, die durch Hobel-, Fräs- ufw. Maschinen in einzelnen größeren Anstalten erzeugt werden, wird unter d noch die Rede sein.

d) Bearbeitung des Holzes.

Nach dem Fällen der Bäume wird der Stamm durch Querschneiden mit der Bauchfäße oder der geraden Zimmermanns-Querfäße in jene Teile getrennt, die zur weiteren Herstellung der Bauholz-Sortimente bestimmt sind. Man nennt diesen Vorgang das Ablängen. Die so zugerichteten Stammteile werden nun entweder gleich am Fällungsorte oder an einer von diesem entfernten Arbeitsstelle, auf dem Zimmerplatze oder in der Sägemühle, weiter zugerichtet. Dieser Vorgang wird in manchen Ländern mit Debitage des Holzes bezeichnet.

Die erste Zurichtung zu Bauholz-Sortimenten geschieht entweder ausschließlich durch Sägen oder, sofern es sich um die Seitenflächen handelt, auch durch das Bebeilen, Behauen oder Beschlagen, d. i. durch Zurichtung mittels des Zimmermannsbeiles. Die Wahl des einen oder anderen Verfahrens ist durch örtliche Verhältnisse bestimmt.

Beim heutigen Stande der Technik ist die Bearbeitung des Holzes mit Hilfe des Beiles nur in den seltensten Fällen gerechtfertigt.

Es handelt sich dabei immer um das Erzeugen von Balken von quadratischem oder rechteckigem Querschnitt oder um die Gewinnung sog. waldkantig (Gegensatz zu vollkantig) beschla-

204.
Spaltholz.

205.
Ablängen.

206.
Behauen
und Schneiden
des Holzes.

gener Hölzer. Bei diesen bildet der Querschnitt eine Figur, welche ein unregelmäßiges Achteck darstellt; vier Seiten dieses Achteckes sind gerade Linien: die Projektion der mittels des Beiles hergestellten Flächen; die übrigen vier Seiten sind Reste der ursprünglich kreisförmigen Querschnittsfläche des gefällten Baumstammes. Solche waldkantig (auch wahn- oder baumkantig) behauene Balken behalten den größten Teil des Splintes und gestatten nur in gewissen Fällen eine vorteilhafte Anwendung.

In neuerer Zeit werden Balken zumeist durch Sägen hergestellt. Die Anwendung von Handsägen ist fast gänzlich auf das Querschneiden der Balken beschränkt, während die Längsflächen, die den Balken begrenzen, mit Hilfe von Maschinen Sägen gebildet werden.

Man nennt die Abfälle, welche bei der Gewinnung eines Balkens aus einem Baumstamme übrig bleiben und mancherlei Verwendung im Bauwesen finden, Schwarten, bei größerer Stärke auch Schwartenbretter.

Bei der Debitage des Holzes sind zwei Verfahren zu unterscheiden. Das eine besteht darin, daß man den gefällten Baumstamm zu zwei oder vier Teilen aufschneidet, ohne besondere Rücksicht darauf zu nehmen, welche Holzsortimente später aus demselben gewonnen werden sollen. Auf diese Art werden Weiterbeförderung und Austrocknen des Holzes begünstigt. Diese Schnitthölzer werden erst auf der Sägemühle, auf dem Zimmerwerksplatze oder in der Bautischlerei durch abermaliges Sägen in jene Sortimente verwandelt, die zur unmittelbaren Verwendung bestimmt sind. Man nennt dieses Verfahren, welches namentlich in Amerika zu Hause ist, das Wiederlägen (*Re-sawing*). Das zweite Verfahren besteht darin, daß man gleich von vornherein bei der ersten Bearbeitung jene Sortimente herstellt, deren spätere unmittelbare Verwendung ins Auge gefaßt werden kann.

Für beide Verfahren ist die Kreis- oder Zirkularsäge die wichtigste und empfehlenswerteste Sägemaschine, welche übrigens in Deutschland und Österreich-Ungarn noch viel mehr, als es der Fall sein sollte, durch Gattersägen mit einem oder zwei Sägeblättern, Mittelsägen oder Saumgattersägen, ersetzt wird.

Zur Herstellung von Bohlen und Brettern verwendet man die stärksten, ganz gerade gewachsenen Stammabschnitte, die sog. Sägeblöcke; das Schneiden geschieht entweder mittels der Kreis- oder Gattersägen, in neuerer Zeit auch durch die Bandsäge.

Der Baumeister, bzw. der Bautischler bezieht in der Regel für seinen Bedarf als Rohstoff die beschlagenen Balken oder Bäume für Gerütholz, Deckenträger usw. oder die mittels der Säge geschnittenen Balken, Bohlen, Bretter, Latten usw. In neuerer Zeit werden von größeren Anstalten auch noch weiter zugerichtete Holzsortimente für den Bedarf der Bautechnik geliefert. Hierher gehören einseitig, zweiseitig, dreiseitig oder vierseitig gehobelte Bohlen, Bretter und Latten mit ebenen Seitenflächen, ferner Bretter oder Bohlen, die an den beiden Schmalseiten genutet sind oder die auf der einen Seite eine Nut, auf der anderen Seite eine Feder tragen. Für die Verbindung von Brettern oder Bohlen, die an beiden Schmalseiten genutet sind, verwendet man Federn, welche besonders hergestellt werden, und zwar mit wesentlichem Vorteil Querholz aus harten Hölzern.

Außer den mit ebenen Oberflächen durch die Hobelmaschine versehenen Holzsortimenten bringen große Anstalten auch gekahlte Bretter und Latten in den Handel, welche zu Tür- und Fensterverkleidungen dienen; solche Bretter werden nach bestimmten Profilen auf kleinen Hobelmaschinen hergestellt. Namentlich haben sich Schweden und Norwegen hierfür ein weit ausgebreitetes Absatzgebiet geschaffen. Die mechanischen Bautischlereien zu Stockholm, Sandarne, Gothenburg und Christiania haben durch die Herstellung von verschiedenartig profi-

lierten Kehlleisten, Gefimsleisten, Verkleidungsbrettern u. dergl. einen bedeutenden Markt gewonnen, um so mehr, als das schwedische Bauholz, namentlich in früheren Jahren, eine vorzügliche Qualität besaß und dadurch einen großen Ruf erlangte¹⁸⁷⁾.

Auf hochentwickelten Zimmerplätzen kommen nebst den genannten Sägen und verschiedenen Arten von Hobelmaschinen auch Fräsmaschinen zur Herstellung von Profilierungen an krummlinig gestalteten Holzkörpern, wie Verkleidungen von Bogenfenstern u. dergl., zur Anwendung.

Um Zapfenlöcher mittels Maschine herzustellen, verwendet man die Stemmaschine oder auch Langloch-Bohrmaschine. Auch für die Bildung von Zapfen für Holzverbindungen werden eigene Sondermaschinen, Zapfenschneid-, Zapfenfräs- und Zapfenhobelmaschinen, verwendet, bei denen das Werkzeug aus Kreislägen, Fräsern oder Hobelköpfen gebildet ist.

Der Handbohrer wurde in jüngster Zeit auch durch sehr gut konstruierte Rundloch-Bohrmaschinen und zuletzt auch durch die aus Amerika stammenden Handbohrmaschinen, welche sehr leistungsfähig sind, ersetzt.

In Bautischlereien empfiehlt sich auch mitunter die Anwendung von kombinierten Maschinen entweder für besondere Zwecke, wie für die Erzeugung von Riemenstücken für die sog. Riemenböden, für die Herstellung von Parketttafeln, einzelnen Teilen von Türen und Fenstern usw.

Maschinen, welche aus drei oder vier Werkzeugmaschinen zusammengesetzt sind, also beispielsweise aus einer Hobelmaschine, einer Säge, einer Bohrmaschine usw. bestehen, erscheinen auch unter der Bezeichnung Univerfaltischler.

Für bestimmte Artikel, die im Bauwesen Anwendung finden, z. B. für die Herstellung von Schindeln zur Verkleidung der Wände und Dächer, sind eigene Sondermaschinen konstruiert worden, welche eine sehr bedeutende Leistungsfähigkeit besitzen. Die Handschindel wird durch Spalten hergestellt; die Maschinenschindel wird in der Regel durch Sägen und nachheriges Hobeln der zuerst gebildeten Flächen erzeugt¹⁸⁸⁾.

Die Maschinenschindel hat ein größeres Bestreben, sich zu werfen, und muß daher mit stärkeren Abmessungen hergestellt werden, wenn sie die gleichen Dienste wie eine Handschindel leisten soll. Übrigens lassen sich die Maschinenschindeln in den meisten Fällen um so viel billiger als die Handschindeln herstellen, daß es sachgemäß ist, Maschinenschindeln zu verwenden.

Bei Bautischlerarbeiten kommen zuweilen auch Furniere in Verwendung, welche zur Innendekoration der Räume dienen. Die Furniere werden entweder mittels Furnierlägen oder mittels Hobelmaschinen hergestellt, in welchem letzterem Falle die Furniere die Bezeichnung Messerschnitt-Furniere tragen; die letzteren sind bedeutend dünner als die Sägeschnitt-Furniere und deshalb für bautechnische Gegenstände wenig empfehlenswert, trotz des geringen Preises, der ihnen gegenüber den Sägeschnitt-Furnieren eine bedeutende Verbreitung verschafft hat.

Bezüglich der Erklärung und Beschreibung der im Vorstehenden genannten Arten von Werkzeugen und Maschinen sei auf nachstehende Sonderchriften verwiesen:

DUSKE, L., Maschinen zur Bearbeitung des Holzes. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1857, S. 38, 67, 91, 163.

SCHMIDT, R. Die Maschinen zur Bearbeitung des Holzes. 1. u. 2. Sammlung. Leipzig 1861—71. Ueber einfache Holzbearbeitungsmaschinen. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1863, S. 141, 164, 211.

HART, J. Die Werkzeugmaschinen der Maschinenfabriken zur Metall- und Holzbearbeitung. Heidelberg 1864—67. — 2. Aufl.: München 1872—74.

208.
Herstellung
von
Zapflöchern
und
Zapfen.

209.
Bohren.

210.
Kombinierte
Maschinen.

211.
Herstellung
von
Schindeln.

212.
Herstellung
von
Furnieren.

¹⁸⁷⁾ Siehe: MARCHET & EXNER. Holzhandel und Holzindustrie der Ostseeländer. Weimar 1876.

¹⁸⁸⁾ Siehe: EXNER, W. F. & K. STRCHEMCHA. Ueber Maschinenarbeit und Handarbeit bei der Schindelfabrication. HEYER'S Allg. Forst- und Jagdzeitung 1872.

- GRAVENHORST, A. Die Holzbearbeitungsmaschinen in ihrer gegenwärtigen Vervollkommnung. Weimar 1866.
- RICHARDS, J. *A treatise on the construction and operation of wood working machines etc.* London 1872.
- Collectaneen über neuere Holzbearbeitungsmaschinen. Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872, S. 447.
- RICHARDS, J. *On the arrangement, care, and operation of wood-working factories and machinery.* London 1873.
- Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873. Band 2. Braunfchweig 1874. Holzbearbeitungsmaschinen. S. 122.
- Die Bodencultur auf der Wiener Weltausstellung 1873. Bd. II: Werkzeugmaschinen für die Holzbearbeitung auf der Wiener Weltausstellung. Wien 1874.
- Officieller Ausstellungsbericht, herausgegeben durch die General-Direction der Weltausstellung 1873. Holzbearbeitungsmaschinen. Von W. F. EXNER. Wien 1874.
- HESSE, E. A. v. Die Werkzeugmaschinen zur Metall- und Holzbearbeitung. Leipzig 1874.
- BENTHAM, S. *A treatise on the construction and operation of wood-working machines.* London 1876.
- GRAEF, A. Die Holzbearbeitungsmaschinen für Tischler, Bildhauer, Zimmerleute. Weimar 1877.
- Berichte über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der österreichischen Commission. Wien 1877—79. Nr. 6: Holzbearbeitungs-Maschinen. Von F. REIFER.
- FISCHER, H. Die Holzläge, ihre Form, Leistung und Behandlung in Schneidemühlen. Berlin 1879.
- Officieller Bericht über die Weltausstellung in Paris 1878. Herausgegeben von der k. k. öfterr. Commission für die Weltausstellung in Paris im Jahre 1878. Heft 2: Die mechanische Holzbearbeitung, deren Hilfsmittel und Erzeugnisse. Von W. F. EXNER & G. LAUBÖCK. Wien 1879.
- Thürfüllungs-Abplattemaschine. Maschinenb. 1879, S. 343.
- Mittheilungen von der Weltausstellung in Paris 1878. Holzbearbeitungsmaschinen von J. A. FAY und Co. Polyt. Journ., Bd. 232, S. 304.
- EXNER, W. F. Werkzeuge und Maschinen zur Holz-Bearbeitung, deren Construction, Behandlung und Leistungsfähigkeit. Band I. u. II. Weimar 1878—80.
- BALE, P. *Wood-working machinery: its rise, progress, and construction.* London 1880.
- Amerikanische Holzbearbeitungsmaschinen. Maschinenb. 1880, S. 195.
- Ueber Holzbearbeitungsmaschinen. Maschinenb. 1880, S. 264 u. 270.
- Ueber Holzbearbeitungsmaschinen. Maschinenb. 1880, S. 195, 264, 274, 291, 306 u. 322.
- Neuerungen an Holzbearbeitungsmaschinen. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 337.
- LEDEBUR, A. Die Verarbeitung des Holzes auf mechanischem Wege. Braunfchweig 1881.
- BALE, M. P. *Wood-working machinery etc.* London 1880. — 2. Aufl. 1894.
- ARMENGAUD. *Les scieries mécaniques et les machines-outils à travailler les bois.* Paris 1881.
- EXNER, W. F. & C. PFAFF. Werkzeuge und Maschinen zur Holzbearbeitung etc. Weimar 1883.
- UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Band III. Leipzig 1883. S. 117.
- RICCARDS, J. *Wood-working machinery etc.* London 1885.
- FISCHER, H. Die Werkzeugmaschinen. Band II: Die Holzbearbeitungsmaschinen. Berlin 1901.
- LAUBÖCK, G. Die Holzbearbeitungsmaschinen. Berichte über die Weltausstellung in Paris 1900. Wien 1901.
- Mittheilungen des technologischen Gewerbe-Museums in Wien. I. Section. Fachzeitfchrift für die Holzindustrie. Red. von EXNER. Erfcheint seit 1880.

e) Mittel gegen Schwinden, Fäulnis und Schwamm.

1) Mittel gegen das Schwinden des Holzes.

Um das Schwinden des Holzes unmerklich oder doch unschädlich zu machen und das Werfen, sowie das Reißen zu verhindern, hat man die verschiedenartigsten Mittel angewendet, die bald von größerem, bald geringerem Erfolge begleitet waren.

Die in erster Linie stehende Bedingung ist das zweckmäßige Austrocknen des Holzes. Eines der ältesten Verfahren besteht darin, daß der Baum vor dem Fällen im Frühjahr von den Ästen bis zu den Wurzeln ganz oder teilweise ent-

rindet wird und daß man ihn so bis zur Fällungszeit im Herbste stehen läßt. Besser ist es, wenn man das Lufttrocknen anwendet, indem der gefällte Stamm, in Stücke zerteilt, vor seiner weiteren Verarbeitung an der Luft ausgetrocknet wird.

Hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß dieses Trocknen nicht zu rasch und nicht zu ungleichförmig stattfindet oder daß es nicht zu sehr verzögert werde, wodurch das Anfaulen herbeigeführt wird. Während des Trockenvorganges müssen die Hölzer frei gelagert und vor Berührung untereinander und mit dem Erdboden bewahrt werden. Zweckmäßig ist es, das Holz teilweise zu entrinden und die Hirnflächen durch Bekleben mit Papier oder durch Bestreichen derselben mit Ölfarbe gegen Entfehlung von Kernrissen zu schützen.

Da das Lufttrocknen, namentlich für starke Hölzer angewendet, nicht unbeachtliche Zeit in Anspruch nimmt, so hat man seine Zuflucht zum künstlichen Holz-trocknen genommen, welches den Vorzug gewährt, daß das Holz schon nach kurzer Zeit der weiteren Verarbeitung unterzogen werden kann, ohne daß seine Zug- und Druckfestigkeit einer Verminderung unterliegen würde. Das Holz wird in die Trockenkammer gelegt, welche von außen geheizt wird oder durch Anwendung von Wasserdampf ihre erhöhte Temperatur erhält. Dabei ist nicht zu übersehen, daß für den nötigen Luftwechsel gesorgt werde, da sonst das nahe dem Boden liegende Holz durch die sich niedererschlagenden Wasserdämpfe vollständig durchnäßt, anstatt trocken, erscheint.

Das Trocknen darf nicht allzu schnell erfolgen, um das Rißigwerden des Holzes zu vermeiden. Diese Bedingung erheischt eine regelbare Heizung. Auch darf nicht alles Wasser dem Holze entzogen werden, da es sonst brüchig wird und seine Kohäsion verliert.

Die Entfernung der Holzläste durch Auslaugen erfreut sich wohl keiner größeren Verbreitung; doch führt auch dieses Mittel zur Verhinderung des Schwindens. Schon bei der Wasserbeförderung (beim Flößen) der Hölzer erfolgt ein geringes Auslaugen, vollständiger jedoch durch das Versenken des Holzes unter Wasser und namentlich in starkfließendem Wasser, wobei das Stammende gegen die Strömung gerichtet wird. Nach ein- bis zweimonatlicher Dauer des Auslaugens zeigt sich schon ein merklicher Erfolg dadurch, daß die so behandelten Hölzer weniger schwinden und sich weniger ziehen als unausgelaugte.

214.
Auslaugen.

Diesem Verfahren vorzuziehen ist das Behandeln des Holzes mit kochendem Wasser, was jedoch nur bei kleineren Holzstücken mit Erfolg durchgeführt werden kann.

Das wirksamste Mittel und die daher empfehlenswerteste Art des Auslaugens ist das Dämpfen des Holzes. Der Dampf dringt kräftiger in die Poren des Holzes ein und wirkt dadurch energischer auflösend auf die Saftstoffe als das Wasser. Für das Dämpfen ist noch die Bemerkung wichtig, daß die Anwendung von Dampf unter 100 Grad C. dem Dampfe von höherer Temperatur vorzuziehen ist, da im letzteren Falle die Einwirkung des Wasserdampfes auf die Holzfasern schwächend und verändernd wirkt.

215.
Dämpfen.

Weitere Mittel gegen das Schwinden des Holzes sind: zweckmäßige Wahl der Faserrichtung bei der Herstellung von hölzernen Bauteilen, ferner entsprechende Rücksichtnahme auf die Lage des Spiegels und des Kernes beim Zerschneiden, Verarbeiten und Verbinden der Holzteile, weiters das Zusammenfügen der hölzernen Konstruktionssteile aus kleinen Stücken, endlich der Überzug mit der Feuchtigkeit widerstehenden Stoffen, wie z. B. das Tränken mit Leinöl, das Firnissen, das Anstreichen mit Ölfarbe usw. Diese Mittel finden jedoch nur in besonderen Fällen Anwendung und sind nicht in jenem Maße, als es wünschenswert erscheint, dem Schwinden entgegenzutreten geeignet.

216.
Weitere Mittel.

2) Haltbarmachung des Holzes.

(Konfervierung.)

217.
Haltbarmachen.

Jene Verfahrensarten, welche unter dem Namen „Konfervierung des Holzes“ zusammengefaßt werden können, zielen in dem Bestreben, das Holz gegen Fäulnis und die damit zusammenhängenden Vernichtungsvorgänge zu schützen.

Das Holz unterliegt selbst dann dem Verderben, wenn keine erkennbar nachteiligen Einflüsse von außen auf dasselbe wirken. Diese Erscheinung ist dem Vorhandensein von Stoffen zuzuschreiben, welche den aufgelösten Stoffen des Holzsaftes angehören. Die reine Holzfaule an sich ist eine in sehr geringem Grade der Veränderung und Zerstörung durch die Zeit unterworfenen Masse. Ist das Holz stets in feuchtem Zustande, so beobachten wir ein immerwährendes Fortschreiten in der Zerstörung, die sog. nasse Fäulnis, im Gegensatz zur trockenen Fäulnis, Vermoderung, Stockung, welche dann eintritt, wenn das Holz einem geringeren und abwechselnd bald steigenden, bald sinkenden Feuchtigkeitszustande unterworfen ist.

Das in den Hochbauten angewendete Holz geht in der Regel bald zugrunde, wenn es mit feuchter Erde in Berührung kommt oder an solchen feuchten Orten sich befindet, wohin keine frische Luft treten und das Holz seine Feuchtigkeit durch Ausdünstung nicht verlieren kann. Gegen die Einflüsse der äußeren Feuchtigkeit kann Bauholz durch Anstriche, wie gut deckende und haftende Ölfarben, Firnisse, Teer¹³⁹⁾ usw., ferner durch einen Anstrich mit Karbolinum¹⁴⁰⁾ geschützt werden; vorzüglich ist hierfür auch das Tränken mit Talg, Wachs, Paraffin, Leinöl und Lösungen von Harzen in Ölen; letztere werden bis auf 200 Grad C. erhitzt und die Hölzer in dieselben eingetaucht. Solche Verfahren werden indes nur in selteneren Fällen, so z. B. für Hölzer zu Parkettfußböden usw., angewendet, weil sie kostspielig sind.

218.
Durchtränken.

Als wirksamstes Konfervierungsmittel muß das Durchtränken oder Imprägnieren des Holzes mit verschiedenen Stoffen bezeichnet werden, welche teils unmittelbar fäulniswidrig sind, teils die Saffstoffe chemisch verändern. Dieses Verfahren hat fast nur für das Haltbarmachen von Eisenbahnschwellen in größerem Umfang Anwendung gefunden; wir können uns deshalb darauf beschränken, jene Verfahren zu skizzieren, welche auch für Bauhölzer Verbreitung gefunden haben.

Von den Metallsalzen, welche man zum Haltbarmachen verwendet, hat das Chlorzink eine große Bedeutung und gehört zugleich zu den billigsten Durchtränkungsstoffen. Das hiermit getränkte Holz besitzt die Eigenschaft, daß ein Öl-anstrich daran gut haftet, während Hölzer, mit anderen Salzen durchtränkt, solche Anstriche abwerfen. Dieser Eigenschaft zufolge hat man z. B. Türgewände auf solche Weise durchtränkt.

Um ganze Stämme zu durchtränken, hat *Boucherie* das folgende Verfahren eingehalten. In dem noch nicht gefällten Baume werden oberhalb der Wurzel Bohrlöcher angebracht, welche mit einem die Durchtränkungsflüssigkeit (holzessigsaures Eisen) enthaltenden Behälter in Verbindung stehen. Vermöge der Kapillarität saugt der Baum diese Flüssigkeit bis in die Zweige empor. Dieses augenscheinlich zweckmäßige Verfahren hat sich jedoch aus verschiedenen Gründen als unpraktisch erwiesen, teils schon aus dem Grunde, weil wohl einige Holzarten, wie Linde, Buche, Ulme usw.

¹³⁹⁾ Die Tatsache, daß Anstriche hier und da sich nicht bewährt haben, rührt in der Regel daher, daß die Hölzer gleich nach der Verwendung, also meist in nicht genügend trockenem Zustande, mit einem Anstrich versehen worden sind. Erst dann, wenn im Holz jene bedeutenden Veränderungen vorüber sind, welche es in den ersten Jahren nach dem Fällen durch das Schwinden erleidet, ist es geeignet, eine äußere Schutzdecke in Form eines deckenden Anstriches anzunehmen; hierfür ist je nach der Gattung des Holzes und der Art der Aufbewahrung (künstliche Dörrung ausgenommen) mindestens 4 bis 6 Jahre nach dem Fällen zu rechnen. (Vergl. Deutsche Bauz. 1880, S. 61.)

¹⁴⁰⁾ Von *Avenarius* in Gau-Algesheim erfunden.

vollständig durchdrungen wurden, jedoch andere wieder, wie Eiche, Fichte, Tanne, Nußbaum, nur teilweise und nicht im Kerne durchtränkt erschienen. Dieses Verfahren ist deshalb von seinem Erfinder verlassen worden.

Vor einiger Zeit wurde versucht, das Holz mit den verschiedensten Farbtönen durch und durch zu tränken, so daß das Holz nicht nur eine, sondern sogar mehrere Farbtöne aufweist.

Dieses Verfahren wird von der „Commandit-Gesellschaft für Holzimprägnierung und Holzfärberei“ in Klosterneuburg bei Wien ausgeführt.

Boucherie's neueres Durchtränkungsverfahren besteht darin, daß der frisch gefällene Baumstamm in unbehauenen Zustande durch Anwendung hydraulischen Druckes mit einer Kupfervitriol-Lösung getränkt wird. Dieses System, welches weite Verbreitung fand, bedarf nur geringer Hilfsmittel und einer ganz einfachen Handhabung. Für Eichenholz ist daselbe jedoch unanwendbar.

Ein von gutem Erfolg begleitetes Verfahren, welches von verschiedenen Firmen gehandhabt wird, benutzt als Durchtränkungsstoff Kreosot, Phenyl und unter Umständen Naphthalin, Teeröle, die bei der Leuchtgasbereitung als Rückstand erscheinen; andere verwenden Teer, die Nebenerzeugnisse der Petroleumraffinerie usw., und zwar diese Stoffe in Dampfform, d. h. in dampfförmigem Aggregatzustande oder mechanisch vom Dampf mitgerissen. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß die Durchtränkung eine vollständige die ganze Masse durchdringende ist. Durch daselbe hat man die verschiedenen Grade von Trocknung und Durchtränkung vollkommen in der Gewalt. Während bei Bahnschwellen, Pfählen usw. die stärkste Durchtränkung gewünscht wird und ihre Trockenheit von viel geringerem Belang ist, kann andererseits bei Hölzern der Bautischlerei das Entgegengesetzte einzuhalten sein, so daß dieselben schwach durchtränkt, jedoch vollkommen trocken und zu augenblicklicher Verarbeitung geeignet sind. Überdies erhalten die so durch das Dämpfen durchtränkten Tischlerhölzer eine schöne Färbung.

Schließlich ist an dieser Stelle, als Maßregel gegen Fäulnis und Stocken, der richtigen Aufbewahrung des Bauholzes zu gedenken.

Dieselbe hat so zu geschehen, daß jedes einzelne Stück von möglichst vielen Seiten dem Luftzutritt ausgesetzt ist. Deshalb sind in dem aus einzelnen Lagen von Brettern, Bohlen usw. gebildeten Stoße möglichst viele querliegende Zwischenhölzer anzubringen; auch ist der ganze Stoß von Zeit zu Zeit umzufetzen, um den früher verdeckt liegenden Holzteilen den freien Luftzutritt zu sichern. Hierbei ist eine schützende Bedachung ebenso nötig, wie eine gute Unterlage auf ganz trockenem Grunde.

219.
Aufbewahrung
des
Bauholzes.

Literatur.

Bücher über „Haltbarmachung des Holzes“.

EHRlich, C. Dauerhafte Conservirung des Holzes in Anwendung auf Eisenbahnschwellen und Bauhölzer. Quedlinburg 1858.

BOUCHERIE. *Mémoire sur la conservation des bois*. Paris 1859.

SCHEDEN, A. Rationell-praktische Anleitung zur Conservirung des Holzes. 2. Aufl. 1860.

BURESCH, E. Ueber die verschiedenen Verfahrensarten und Apparate, welche beim Imprägniren der Hölzer Anwendung gefunden haben. Gekrönte Preisschrift. Dresden 1860.

KAUFMANN, A. Neues Schutzmittel, das Holz durch Verdichtung und Austrocknung deselben vor Fäulnis und vorzeitigem Verderben zu schützen. Berlin 1863.

LAPPARENT. *Conservation des bois par la carbonifation* etc. Paris 1866.

OPPERMANN, A. C. *Mémoire sur la conservation des bois par le procédé de M. VICTOR FRÉRET*. Paris 1873.

PAULET, M. *Traité de la conservation des bois, des substances alimentaires et de diverses matières organiques*. Paris 1874.

HEINZERLING, CH. Die Conservirung des Holzes. Halle 1884.

ANDÉS, L. E. Das Conserviren des Holzes. Wien 1884.

ZIMMERMANN, W. Das Beizen und Färben des Holzes. Barmen 1904.

VOSS, F. Das Beizen und Färben des Holzes. Düsseldorf 1904.

3) Mittel gegen den Hauschwamm.

220.
Entstehung
des
Schwammes.

Die Bildung des sog. Haus- oder Tränenschwammes ist eine Folge der eingetretenen Zerstörung des Holzes, welche durch das Vorhandensein von Feuchtigkeit bei gelinder Wärme und durch Mangel an Licht und Luft herbeigeführt wird. Der faserige Aufbau des Holzes wird vernichtet; die Zersetzung vollzieht sich besonders rasch an der vom Licht abgewendeten unteren Fläche des Holzes, während es im äußeren noch gesund erscheint. Der Schwamm bezieht seine Nahrung aus dem kranken Holze selbst, wirkt auch auf das benachbarte gesunde Holz ansteckend und dringt selbst in die Ritzen des Mauerwerkes ein, indem die begleitende Feuchtigkeit den Mörtel zertrübt.

Unter den auftretenden Pilzarten ist es vorzugsweise der sog. tränende Rostpilz, welcher als höchst gefährlich bezeichnet wird. Während des Entstehens des Pilzes zeigen sich am Holze weiße Flecken, die sich allmählich vergrößern und ein silberartiges feines Netz bilden, welches die Oberfläche des Holzes feucht hält. Dieses fleckige Gewebe geht nach und nach in ein blätterartiges, saftiges Fasergeflecht über, welches eine aschgraue Farbe und seidenartigen Glanz annimmt und durch den reizenden Saft, den es austräufelt, die rasche Verbreitung des Schwammes vorbereitet. In seiner ferneren Entwicklung erscheint das Gewächs als eine elastische, korkartige Masse von weißgelblicher Farbe, welche durch die Einwirkungen der Luft und des Lichtes in das Bräunliche übergeht, indem der Schwamm dabei zusammenschrumpft, bei erlangter vollständiger Reife zerreißt und einen in den Keimbehältern befindlichen Staub ausschüttet, der sich dann weiter verbreitet. Das Gewächs verbreitet von seinem ersten Entstehen an einen unangenehmen, selbst der Gesundheit schädlichen Modergeruch.

Namentlich an feuchten Orten greift die Schwammbildung bedeutend um sich. Als bestes Mittel gegen den Hauschwamm gilt daher das vollständige Entziehen der Feuchtigkeit aus den Gebäuden und das Zuführen von Licht, jedenfalls aber von Luft, durch Drainierung des Grundstückes und Anwendung von Isolierschichten im Mauerwerk, durch Freilegen und Isolieren der Schwellen, Lagerhölzer und Balkenenden im Erdgeschoß, wo erfahrungsgemäß der Hauschwamm zuerst auftritt, insbesondere auch durch Herstellung eines kräftigen Luftumlaufes unter dem Fußboden, indem man den freien Luftraum zwischen den Lagerhölzern oder Balken mit der äußeren oder inneren Luft und womöglich auch mit den Heizkörpern in geeignete Verbindung bringt.

221.
Verhütung
des Haus-
schwammes.

Dieses sind in der Tat die wirksamsten Mittel sowohl zur Verhütung, als auch zur Vertilgung des Hauschwammes. Zur Verhütung desselben erscheint es ferner geboten, schon während der Bauzeit darauf zu achten, daß Körper, welche Nahrung für Pflanzenkeime enthalten, von der Baustelle entfernt und selbstverständlich niemals in das Gebäude selbst gebracht werden, wie z. B. die fruchtbaren Erdarten, Schutt von Gebäuden, welche schon durch den Schwamm infiziert waren, Pflanzenreste, lehmiger Sand usw. Mit besonderer Sorgfalt sind diese Vorichtsmaßregeln einzuhalten, wenn auf der Baustelle früher Kehrthäufen, bezw. -Gruben, Düngerstätten oder andere den Pflanzenwuchs fördernde Anlagen bestanden haben.

Als Ausfüllungsmittel an Stelle des Abraumes, zum Aufbringen auf Gewölbe usw. ist nach *Engel* feigtgestampfter Lehm zu empfehlen; andere brauchbare Ausfüllungsmaterialien sind scharfer, trockener Sand, frische Schlacken, ganz trockener und reiner Bauhutt, Kieselguhr. Am besten für Füllzwecke empfiehlt *Hartig* gewaschenen Kies, während er vor der Verwendung von Steinkohlenlöfche geradezu warnt. Kies wird in kürzester Zeit trocken, während Steinkohlenlöfche außerordentlich langsam Wasser abgibt. Ferner soll nur gefundes, kerniges, nicht außer der Fällzeit geschlagenes, gut ausgetrocknetes Bauholz¹⁴¹⁾ verwendet werden. Lagerhölzer und Balken der Fußböden sollen auf Steinunterlagen ruhen, und da, wo Feuchtigkeit nicht ganz fernzuhalten ist, sollen dunkle, dem Luftzug nicht zugängliche Stellen vermieden werden.

Weiterer Maßregeln zur Verhütung des Hauschwammes wird noch in Teil III, Band 2 (Heft 1 bis 4) und 3 dieses „Handbuches“ (bei Betrachtung der Wand-, Decken- und Fußbodenkonstruktionen) gedacht werden.

Das Vorhandensein des Hauschwammes erkennt man an seinem eigentümlichen scharfen Geruch und an dem Umstand, daß das vom Schwamme angegriffene Holz sich beim Anschlagen durch einen dumpfen Klang zu erkennen gibt. Zu seiner Vertilgung muß an der Stelle, wo er sich zeigt, das Fundament freigegeben, die Ausfüllung entfernt und der Platz abgeschlossen werden; die Fugen des Mauerwerkes müssen sorgfältig ausgekratzt und alle vom Schwamme ergriffenen oder die verdächtigen Teile deselben herausgenommen und durch neue ersetzt werden. Das sorgfältigste Entfernen der Sporen oder Samen kann hierbei nicht dringend genug anempfohlen werden¹⁴²⁾. Sodann verfähre man so, wie oben zur Verhütung des Schwammes beschrieben ist, und gebe dem Holzwerk und den vorher angegriffenen Stellen des Mauerwerkes einen Anstrich oder Überzug mit einem wirklichen Schutzmittel.

Die Mehrzahl der Mittel, welche zur Bekämpfung des Schwammes Anwendung gefunden, haben sich indes noch nicht genügend bewährt. Für unbewohnte Räume hat man vorgeschlagen, die angegriffenen Teile des Holzes mit einer Mischung von Quecksilber-Sublimat und heißem Kalkwasser zu bestreichen, vor der aber, weil sehr giftig, zu warnen ist. Andere für die Gesundheit unschädliche Mittel sind: Bestreichen des Holzes mit einer konzentrierten Kochsalzlösung, mit einer Lösung von Kupfer- und Eisenvitriol, mit Chlorzink, mit Petroleum, mit einem Teerüberzug usw. Ferner sollen sich bewährt haben: das *Kastner'sche* Mittel (200¹ Torfasche, 20¹ Salz und 0,5^{kg} Salmiak mit kochendem Wasser bis zur Sättigung gemischt und zu einem Brei gerührt), das Mykothanaton von *Vilain & Co.*¹⁴³⁾, *Zerener's* Antimerulion¹⁴⁴⁾ und das Antinonin. Alle diese Stoffe sollen die organischen Gebilde zerstören und zugleich verhindern, daß sich eine erneute Vegetation bilde.

Zickes empfiehlt folgende Antiseptika, welche gegen den Hauschwamm Anwendung gefunden haben. Das Holz soll mit denselben entweder wiederholt befrichen werden, oder, was vorzuziehen ist, das Holz soll durch Einlegen in Tröge, welche die antiseptischen Lösungen enthalten, imprägniert werden. Die Dauer einer solchen Applikation soll 24 Stunden betragen, wobei die meisten Substanzen erfahrungsgemäß bis 6 mm eindringen, was vollkommen zum Schutze der tieferliegenden Holzteile genügt. In geeigneten Apparaten kann die Imprägnierung, wie dies bei Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen in großem Maßstab geschieht, auch unter Druck vorgenommen werden. Als gut werden Kreosotöl, Antimon in 2-, Antipolypin in 5- bis 10-, Fluß- und Kieselfluor-Wasserstoffsäure in 5-, Sublimat in 1-prozentiger Lösung bezeichnet. Am

222.
Vertilgung
des Haus-
schwammes.

¹⁴¹⁾ Von den Nadelhölzern ist die Fichte am meisten, die Lärche am wenigsten dem Hauschwamm unterworfen.

¹⁴²⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1876, S. 310.

¹⁴³⁾ Über dessen Zusammenfetzung siehe: Deutsche Bauz. 1876, S. 532.

¹⁴⁴⁾ Von *Gustav Schallehn*, chemische Fabrik in Magdeburg u. Wien.

billigsten unter diesen Mitteln stellt sich Fluß- und Kieffluor-Wasserstoffsäure. Weniger günstig haben sich erwiesen: Mikrofol, Karbolium und Solutol. Als unwirksam sind zu erwähnen: Formalin, sonst ein ausgezeichnetes Mittel, aber hier nicht zu verwenden, da es zu flüchtig ist, ferner Antimerulin, Mykothanaton, Steinkohlenteer, Kupferfulfat und Eifenvitriol.

Die oben beschriebenen Einrichtungen zum Zweck kräftigen Luftumlaufes und Entziehen der Feuchtigkeit sind indes zurzeit, wenn nicht als die einzigen, so doch als die wirksamsten und unter allen Umständen zur Vertilgung des Hauschwammes notwendigen anzulehen.

Literatur

über „Schwamm“ und „Schwammvertilgung“.

- BOURWIEG. Abhandlung über den Hauschwamm. Stettin 1827.
- BÜHLER. Der laufende Schwamm in Gebäuden, seine Entföhung und Vertilgung. Stuttgart 1845.
- PÖTZSCH, E. Einiges über den Hauschwamm. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1854, S. 147.
- WEISHAAPT, O. Verhütung des Hauschwammes durch eine Luftcirculations-Vorrichtung. Zeitschr. f. Bauw. 1858, S. 91, 295.
- FEGEBEUTEL, A. F. Die Ventilationsdrainage für schwammhaltige Gebäude als sicherstes Mittel zur gänzlichen Vertilgung und Vertreibung des Hauschwammes. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1860, S. 145.
- Referat über eine Abhandlung über den Hauschwamm von FEGEBEUTEL. Zeitschr. f. Bauw. 1861, S. 313.
- EMMICH. Ueber die Entföhung und Bildung des Hauschwammes, sowie über die Mittel zur Verhütung und Vertilgung deselben. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1861, S. 5.
- AMMON. Ueber das Wesen des Haus- oder Thränenschwammes, und über die Mittel, ihn zu verhüten. Zeitschr. f. Bauw. 1865, S. 339.
- FRITZSCHE, H. Vollständige Abhandlung über den Hauschwamm. Preisschrift. (Mittheilungen des sächsischen Ingenieur-Vereines. Heft 4.) Dresden 1866.
- BÜHLER, E. Mittel zur Vertilgung des Hauschwammes. Zeitschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1868, S. 121.
- SCHMID. Ueber Maßregeln zur Vertilgung des Hauschwammes. Zeitschr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 11.
- ROTHGANGEL. Ueber Verhütung des Hauschwammes. Zeitschr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 52.
- Ueber Hauschwamm. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1869, S. 136.
- DORN, P. Der Holz- oder Gebäudeschwamm. Belehrungen über die Entföhungsurfachen, Lebensbedingungen, sichere Verhütung und nachhaltige Vertilgung dieses schädlichen Pilzes. 2. Ausg. Weimar 1870.
- Ueber die Befeitigung und Verhütung des Hauschwammes. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1872, S. 11.
- SCHULTZE, G. A. Der Hauschwamm etc. Berlin 1877.
- LEUCHS, J. C. Der Haus- oder Holzschwamm und die Mittel zur Befeitigung und Verhütung der Entföhung deselben. 4. Aufl. Nürnberg 1877.
- Hauschwamm. Deutsche Bauz. 1867, S. 300, 373 u. 411; 1875, S. 420; 1876, S. 251, 310 u. 530; 1877, S. 434 u. 484.
- Der Hauschwamm. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1875, S. 157 u. 187.
- Ueber den Häuferchwamm und dessen Bekämpfung. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1877, S. 149.
- Mittel gegen den Hauschwamm. Deutsche Bauz. 1878, S. 301.
- BROSI, U. Der Hauschwamm. Eisenb., Bd. 5, S. 162, 169, 178, 182.
- ENGEL, W. Ueber Holzschwamm. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1879, S. 29.
- BURESCH, E. Der Schutz des Holzes gegen Fäulniß und sonstiges Verderben. Dresden 1880.
- MÖDER. Ueber die Entföhung, Fortpflanzung und Vertilgung des Holz-, Haus- und Mauerchwammes. Düßfeldorf 1881.
- KEIM, A. W. Die Feuchtigkeit der Wohngebäude, der Mauerfraß und Holzschwamm etc. Wien 1882. 2. Aufl. 1901.
- GOELDNER, G. Der Hauschwamm und seine nachhaltige Verhütung etc. Bromberg 1885.
- GÖPPERT, H. R. Der Hauschwamm etc. Nach dessen Tode herausg. u. verm. von TH. POLECK. Breslau 1885.
- ZIKES, H. Ueber Hauschwamm, Merulius lacrymans, und andere holzerzstörende Pilze. Zeitschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1903, S. 145.

6. Kapitel. Eisen und Stahl.

Von Dr. EDUARD SCHMITT.

a) Allgemeines.

Unter allen Metallen spielt das Eisen in der Geschichte der Kultur weitaus die wichtigste Rolle. Es gibt keinen Zweig menschlichen Schaffens, welcher nicht von der Anwendung des Eisens neue Impulse zum Fortschritt geschöpft hätte, und gerade unsere Zeit verdankt in der so gewaltigen Ausdehnung der Anwendung des Eisens diesem Metall ihr Gepräge.

Bis weit in das vorige Jahrhundert hinein galten Stein und Holz unbefritten als die wichtigsten Baustoffe. Erst seit mehreren Jahrzehnten hat sich ein drittes Material, das Eisen, diesen beiden zugesellt und, mit ungeahntem Erfolge vordringend, die ersten beiden aus immer weiteren Gebieten des Bauwesens verdrängt. Während dieses Metall in früheren Jahrhunderten nur zu Hilfskonstruktionen, zu geschmiedeten Ankern, zu Klammern, als Ausbaumaterial usw. verwendet wurde, gelang es später, größere Bauteile, wie Säulen, Träger usw. zu gießen. Dessenungeachtet blieb die Benutzung des Eisens eine beschränkte. Erst durch die Erfindung der Walztechnik eröffnete sich diesem Baustoff ein weiteres Gebiet. Die bedeutende und gleichwertige Zug- und Druckfestigkeit des Walzeisens begünstigte seine Benutzung zu Trägern, denen im Laufe der Zeit alle zu unseren mannigfaltigen Eisenkonstruktionen erforderlichen Profileisen folgten. Die Festigkeit, die leichte Gestaltungsfähigkeit und die verhältnismäßige Billigkeit des Eisens führten zu immer weiteren und kühneren Versuchen, bis gegenwärtig kaum ein bauliches Werk von einiger Bedeutung ohne diesen Baustoff denkbar ist ¹⁴⁵⁾.

Als Konstruktionsmaterial findet das Eisen vor allem für diejenigen Teile unserer Hochbauten Verwendung, welche dieselben nach oben begrenzen, also für Decken und Dächer. In allen Fällen, wo weitgespannte Räume zu überdecken oder zu überdachen sind und wo dies mit Holz gar nicht oder nicht mit der genügenden Einfachheit zu bewirken ist, tritt das Eisen als geeigneter Baustoff auf. Es wird aber auch dann mit Recht und mit Erfolg benutzt, wenn man die Menge unmittelbar verbrennlicher Stoffe tunlichst herabmindern will.

Allein auch für diejenigen Bauteile, welche die durch unsere Bauwerke geschaffenen Innenräume nach der Seite begrenzen, für die Wände, findet das Eisen immer ausgedehntere Anwendung. Hauptfächlich sind es die Eisen-Fachwerkbauten und die aus Eisen und Glas hergestellten Hallenbauten, Pflanzenhäuser usw., deren konstruktives Gerippe aus diesem Material hergestellt wird; eine große Rolle spielt es bei den immer mehr zur Anwendung kommenden Eisen-Beton-Konstruktionen, nicht fehlt es an Ausführungen, bei denen die Wände ganz aus Eisen, ohne Zuhilfenahme eines anderen Ausfüllungstoffes usw., konstruiert sind.

Von hoher Bedeutung ist weiters das Eisen für die Konstruktion von Säulen und anderen Freistützen, welche die Decken und Dachstühle zu tragen haben, und zwar in allen Fällen, wo diese Stützen nicht in Stein oder Holz ausgeführt werden können oder wo man aus irgendwelchen Gründen von diesen Baustoffen absehen will.

Eine ungemain mannigfaltige Benutzung finden Eisen und Stahl als Ausbaumaterial und für gewisse Nebenteile unserer Bauwerke, wie Konsolen, Laternen-

223.
Eisen
als
Baustoff.

224.
Verwendung.

¹⁴⁵⁾ Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 30.

pfoften, Brunnenrohre ufw. Es ist in diesen Fällen, namentlich für die erstgedachten Zwecke, geradezu unentbehrlich geworden.

225.
Dauer.

Seit das Eisen in nennenswertem Umfange zu Bauzwecken Verwendung gefunden hat, sind etwa 80 Jahre verfloffen. Die in diesem Zeitraume gesammelten Erfahrungen genügen nicht, um darnach zu beurteilen, wie sich das Eisen als Baustoff für Monumentalbauten bewähren wird. Die Anforderungen, die an einen solchen Baustoff gestellt werden müssen, sind Feuerficherheit, Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse und verhältnismäßig nicht zu hoher Preis. Durch verschiedene Brandfälle ist genügend festgestellt, daß Eisenkonstruktionen nur dann als feuerficher gelten können, wenn sie durch eine Umhüllung mit feuerfesten, schlechten Wärmeleitern geschützt sind. Das Eisen steht sonach in dieser Beziehung gegen den Stein zurück und hat vor dem Holz nur den Vorzug, daß es nicht selbst brennt, was allerdings für Hallenbauten und dergl. von großer Bedeutung ist. Unverhüllte Eisenkonstruktionen, besonders solche mit Nietverbindungen, können bei einer Feuersbrunst infolge ihrer Längenänderung das Mauerwerk zerstören und zu einem schwer entwirrbaren Knäuel verbrennen, dessen Beseitigung lebensgefährlich werden kann, jedenfalls aber bedeutende Kosten verursacht, während das geborgene Eisen nahezu wertlos ist.

Im übrigen hängt die Dauer der Eisenkonstruktionen fast ausschließlich von den Vorichtsmaßregeln ab, die gegen das Rosten angewendet werden. Das am meisten angewendete Mittel besteht in einem Ölfarbenanstrich, der stets sehr sorgfältig unterhalten werden muß. Schon aus der Tatsache, daß das Eisen einer ständigen Unterhaltung und Bewachung bedarf, geht hervor, daß die Eisenbauten nicht in dem Maße für monumental gelten können wie gut konstruierte Steinbauten. Ein solcher Anstrich oder ein anderes Schutzmittel ist nicht allein für Bauten, die dem Wetter ausgesetzt sind, erforderlich, sondern auch für Innenkonstruktionen, namentlich für die Dachstühle. Wenn letztere auch durch die Dachdeckung den Einwirkungen des Wetters entzogen sind, so sind sie desto mehr dem Schwitzwasser ausgesetzt¹⁴⁶⁾.

226.
Benennungen.

Die Folge der riefigen Entwicklung in der Eisenindustrie, insbesondere seit Beginn der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts, war, daß in den Benennungen der verschiedenen Hüttenerzeugnisse immer größere Schwankungen und Verschiebungen eintraten. Die ursprüngliche Unterscheidung in Gußeisen, Schmiedeeisen und Stahl entsprach dem Stande der Eisenhüttentechnik zu jener Zeit, der diese Bezeichnungen ihren Ursprung verdanken; sie gerieten in das Schwanken, als der schmiedbare Guß, der Gußstahl und das *Bessemer*-Eisen hervortraten. Insbesondere war es der Begriff „Stahl“, der den verschiedenartigsten Auffassungen unterlegen hat. Bald verstand man unter Stahl das gegossene und schmiedbare Metall, unter Eisen das nicht gegossene und schmiedbare Metall, unter Guß- und Roheisen das gegossene und nicht schmiedbare Metall. Bald war die Härtebarkeit das maßgebende Unterscheidungsmerkmal, und man nannte Stahl ein kohlenstoffhaltiges Eisen, welches die Eigenschaft besitzt, sich härten zu lassen. Bald war das Fabrikationsverfahren ausschlaggebend, und man sprach von Ingot-Metall, wenn das Eisen aus einem Gusse hervorging, und von Packetmetall, wenn es aus einzelnen Stäben oder Packeten hergestellt wurde ufw. Hierzu kam noch die Verschiedenartigkeit der Benennungen in den verschiedenen Sprachen.

Der letztere Umstand, sowie die durchgreifenden Veränderungen, welche die Erzeugung besonderer Sorten von kohlenstoffhaltigem Eisen durch Erfindung des

¹⁴⁶⁾ Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 30.

Bessemer- und des *Martin*-Verfahrens erlitt, machten neue, die Art der Herstellung und die Beschaffenheit des Erzeugnisses kennzeichnende Benennungen notwendig. Gelegentlich der Weltausstellung zu Philadelphia (1876) wurde ein internationales Komitee von bekannten Fachmännern gebildet, welches bestimmte Bezeichnungen für die verschiedenen Gattungen von Eisen und Stahl aufstellte und dieselben zur allgemeinen Anwendung empfahl.

Hiernach soll es fechterlei Arten von Eisen und Stahl geben, die sich auf Grund ihrer Herstellungsweise wie folgt ordnen:

- 1) Roheisen, unmittelbar aus dem Hochofen hergestelltes Eisen;
- 2) Gußeisen, ungeschmolzenes Roheisen;
- 3) Schweißeisen, umfaßt: Renneisen, Herd-Frischeisen, Puddeleisen, geschweißtes Packeisen, überhaupt Schmiedeeisen und Walzeisen;
- 4) Schweißstahl, umfaßt: Rennstahl, Herd-Frischstahl, Puddelstahl, Zementstahl, Gärbstahl;
- 5) Flußeisen, umfaßt: *Bessemer*-Eisen, Flammenofen-Flußeisen oder *Siemens-Martin*-Eisen, und
- 6) Flußstahl, umfaßt: *Bessemer*-Stahl, Flammenofen-Flußstahl oder *Siemens-Martin*-Stahl, Gußstahl (in Tiegeln ungeschmolzener Stahl¹⁴⁷).

Diese Benennungen wurden nicht allgemein angenommen; insbesondere wurde bezüglich der Bezeichnung „Stahl“ in England und Nordamerika eine Einheitlichkeit nicht erzielt.

Einen weiteren bedeutenden Einfluß auf die in Rede stehenden Bestrebungen hatten verschiedene neuere Erzeugungsarten von Eisen und Stahl, namentlich die seit 1880 erfolgte Umwälzung auf dem Gebiete der Flußeisendarstellung. Hierdurch mußten manche Bezeichnungen für die Hüttenerzeugnisse, welche früher allgemein üblich und bei denen Mißverständnisse ausgechlossen waren, veralten; namentlich betrifft dies die Benennung „Schmiedeeisen“, unter der man früher nur Puddel- oder Schweißeisen verstand.

Gegenwärtig hat man vor allem Roheisen und schmiedbares Metall (Schmiedeeisen und Stahl) zu unterscheiden. Letzteres kann vermöge seiner Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit durch mechanische Hilfsmittel in verschiedene Formen gebracht werden; Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit sind selbst bei gewöhnlicher Temperatur innerhalb gewisser Grenzen vorhanden; steigern sich aber bei höheren Wärmegraden. Das Roheisen enthält infolge seiner Herstellung aus den Erzen eine größere Menge von fremden Bestandteilen, und zwar in solchem Grade, daß die Geschmeidigkeit verloren gegangen ist; soll es deshalb in andere Formen gebracht werden, so ist dies nur in geschmolzenem Zustande möglich.

Befonders ist es der Gehalt an Kohlenstoff, der diese Verschiedenheiten hervorruft. Nimmt der Gehalt an Kohlenstoff zu, so nehmen Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit ab; hingegen wächst die Schmelzbarkeit. Roheisen enthält mehr als 2,3 Vomhundert Kohlenstoff, schmiedbares Metall hingegen 2,3 Vomhundert und weniger.

Der Gehalt an Kohlenstoff bedingt beim schmiedbaren Metall auch, ob es sich härten läßt oder nicht. Diese Eigenschaft ist bei einem Gehalt von 0,6 bis 2,3 Vomhundert vorhanden, sobald man es auf etwa 500 Grad C. erwärmt und dann rasch abkühlt (in Wasser, Öl usw.). Derart härtpbares Metall, welches größere

¹⁴⁷) Die technische Kommission des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen hat auf der Generalversammlung des letzteren diese Benennungen zur Annahme beantragt und folgende fremdsprachliche Bezeichnungen empfohlen:

	Englisch:	Schwedisch:	Im Geschäftsverkehr:	Französisch:
für Roheisen:	<i>Pig iron</i>	<i>Tackjern</i>	<i>Fonte brute</i>	Wissenschaftl. Bezeichnung: <i>Fonte de première fusion</i>
für Gußeisen:	<i>Cast iron</i>	<i>Gjutjern</i>	<i>Fonte moulée</i>	<i>Fonte de deuxième fusion</i>

Sprödigkeit aufweist, heißt Stahl; das nicht härtbare, dafür aber geschmeidige und zähere Eisen wird hingegen Schmiedeeisen genannt.

Chemisch reines Eisen wäre technisch unbrauchbar.

Dem Gefagten entsprechend werden im nachstehenden die verschiedenen Eisensorten in folgender Weise gruppiert werden:

- 1) Roheisen;
- 2) Schmiedeeisen: α) Schweißeisen,
 β) Flußeisen;
- 3) Stahl: γ) Schweißstahl,
 δ) Flußstahl.

228.
Vergleichende
Wert-
bestimmung.

Neben den im vorstehenden gekennzeichneten Bestrebungen nach einheitlicher Bezeichnung der verschiedenen Hüttenerzeugnisse läuft seit einigen Jahrzehnten das weitere Bestreben her, die verschiedenen Eisengattungen nach ihrer Güte oder ihrem Gebrauchswerte durch Vergleichung stufenweise zu ordnen. Man hat dabei die Eigenschaften der Festigkeit und Zähigkeit als Grundlage benutzt, obwohl bei der Verwendung des Eisens die Eigenschaften der Härte, der Schmiedbarkeit und der Schweißbarkeit gleichfalls eine nicht unerhebliche Rolle spielen. Insbesondere ging das Bestreben dahin, den Wert einer bestimmten Eisensorte wenn möglich durch eine einzige Ziffer, Qualitätskoeffizient oder Wertziffer genannt, auszudrücken.

Allen diesen Wünschen, insbesondere den an letzterer Stelle angeführten Bestrebungen, stehen große, zum Teile unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, weil die Anschauungen darüber, in welcher Art und Weise die Festigkeitsproben vorgenommen werden sollen, sehr geteilt sind und weil hierüber auch nicht so leicht eine Einigung zu erzielen sein wird; namentlich werden die Gesichtspunkte, von denen einerseits diejenigen ausgehen, welche das Eisen verbrauchen, und andererseits die Standpunkte der Eisenhüttenleute naturgemäß nicht in allen Einzelheiten übereinstimmen.

Schon darüber, was als Maß der Zähigkeit zugrunde gelegt werden soll, gehen die Anschauungen auseinander. Die einen wollen hierfür die bei Zug- oder Zerreißproben sich ergebende Einschnürung am Zerreißungsquerschnitt als maßgebend angesehen wissen; andere betrachten die Dehnung, also die Längenänderung beim Zerreißen, als ausschlaggebend. Im ersten Falle wird die Wertziffer durch das Produkt:

Zugfestigkeit (für 1 qcm) \times Einschnürung (in Prozenten des ursprünglichen Querschnittes),

im zweiten Falle durch das Produkt:

Zugfestigkeit (für 1 qcm) \times Dehnung (in Prozenten der ursprünglichen Länge) ausgedrückt ¹⁴⁸⁾.

¹⁴⁸⁾ Aus der umfangreichen Literatur über den in Rede stehenden Gegenstand sei hervorgehoben:

WÖHLER, A. Die Classification von Eisen und Stahl. Deutsche Bauz. 1876, S. 447.

MARTENS, A. Gedanken über die Frage der Classification von Eisen und Stahl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, S. 337.

TETMAYER, L. Zur Frage der Qualitätsbestimmung zäher Constructionsmetalle. Eisenb., Bd. 16, S. 109.

MÜLLER. Wird die Zähigkeit durch die Dehnung oder durch die Lokal-Kontraktion eines zerrissenen Probestabes gemessen? Stahl u. Eisen 1882, S. 100.

Einheitliche Nomenclatur und Classification von Bau- und Constructionsmaterialien. Theil I: Eisen und Stahl. Herausgegeben durch den Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein. Hottingen-Zürich 1883.

WÖHLER. Die Classification von Eisen und Stahl und der Verein deutscher Eisenhüttenleute. Stahl u. Eisen 1883, S. 178, 258, 306.

KUPELWIESER, F. Ueber die neueren Fabrikations-Methoden für Eisen und Stahl, über Qualitäts-Eigenschaften und Erprobung dieser Materialien. Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 187, 191.

KROHN. Beitrag zur Frage der Werthziffern für Konstruktions-Materialien. Civiling. 1884, S. 369.

Der erste hervorzuhelbende Schritt auf dem eben berührten Wege gefchah durch die „Denkschrift über die Einführung einer staatlich anerkannten Klaffifikation von Eifen und Stahl. Überreicht von der technischen Kommission des Vereins deutscher Eifenbahnverwaltungen in der Generalverfammlang des Vereins am 19. und 20. Juli 1877“. Die darin enthaltenen Grundzüge wurden in der ein Jahr fpäter veröffentlichten „Denkschrift über die Einrichtung von Prüfungs-Anftalten und Verluhcs-Stationen von Baumaterialien, sowie über die Einführung einer staatlich anerkannten Klaffifikation der letzteren. Herausgegeben durch den Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Berlin 1878“ aufgenommen. In beiden Denkschriften wurden an Stelle der früher beftandenen Schlag-, Biege- und Belaftungsproben Zerreißproben gefetzt und als Maß der Zähigkeit die Einfchnürung an der Zerreißstelle zugrunde gelegt. Hierdurch wurde der Widerpruch des „Vereins deutscher Hüttenleute“ hervorgerufen, der durch eine befondere Kommission sich 1881 dahin ausfprach, daß man die Zähigkeit von Eifen und Stahl ficherer durch Schlag- und Biegeproben erkennen könne und daß die Dehnung beim Zerreißen ein zutreffenderes Maß für die Zähigkeit fei als die Einfchnürung.

Auch die 1884 auf *Baufchinger's* Vorfchlag in München abgehaltene Konferenz von Fachmännern behufs Vereinbarung einheitlicher Methoden für die Prüfung von Bau- und Konftruktionsmaterialien befchäftigte sich mit dem in Rede ftehenden Gegenstand¹⁴⁹⁾, ebenfo die gleichnamige Konferenz des Jahres 1886 zu Dresden; die gefaßten Befchlüffe wurden durch eine Redaktionskommission in einer befonderen Schrift niedergelegt.

Im Jahre 1886 wurden vom Verbande deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, unter Mitwirkung des Vereins deutscher Ingenieure und des Vereins deutscher Hüttenleute „Normalbedingungen für die Lieferung von Eifenkonftruktionen für Brücken- und Hochbau (Hamburg 1886¹⁵⁰⁾“ aufgefellt, die sich indes nur auf Schweißeifen bezogen. Später wurde von den beiden ertgedachten Vereinen ein Entwurf ausgearbeitet, der auch das Flußeifen in Rücklicht zog; der Verein deutscher Hüttenleute trat demselben 1892 bei. (Normalbedingungen für die Lieferung von Eifenkonftruktionen für Brücken- und Hochbau, aufgefellt von dem Verbande deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, dem Vereine deutscher Ingenieure und dem Vereine deutscher Hüttenleute. 2. Aufl. Hamburg 1893.) Die Beftimmungen dieser gegenwärtig maßgebenden „Normalbedingungen“ werden im nachfolgenden, foweit es der Zweck des vorliegenden Kapitels erheifcht, angeführt werden¹⁵¹⁾.

Roheifen ift das Erzeugnis des Hochofens; es ift leicht fchmelzbar, aber nicht fchmiedbar. Das umgefchmolzene Roheifen heißt Gußeifen.

Das Gußeifen, in der erten Zeit der Eifenkonftruktionen vorwaltend und oft mit Verfhwendung an Material zu Dachftühlen, Säulen und ganzen Gebäuden verwendet, verlor allmählich an Bedeutung, als man die Walzeifenerzeugung immer mehr ausbildete und die für Beanspruchung auf Zug viel günstigeren Festigkeits- und Elastizitätsverhältnisse des Schmiedeeifens zu beftimmen und auszunutzen lernte. Dessenungeachtet wird auch gegenwärtig das Gußeifen noch vielfach und mit Vorteil als Konftruktionsmaterial verwendet, wenn es sich um Bauteile handelt, die eine ruhende Belaftung zu tragen haben und im wesentlichen nur auf Druckfestigkeit beansprucht werden, wie Säulen, Konfolen usw. In solchen Fällen fchätzt man die Billigkeit und Leichtigkeit in der Herftellung solcher gußeiserner Konftruktionen, bisweilen auch feine größere Widerftandsfähigkeit gegen das Rosten, die von der dichten aus Eifen-Oxiduloxid bestehenden Gußhaut herrührt.

Die Leichtigkeit und Billigkeit der Herftellung von Gußkörpern machen das Gußeifen auch besonders geeignet zu Wallerleitungs- und Abortrohren, zu

ZETSCHKE. Contraction oder Dehnung? etc. Civiling. 1884, S. 646.

Zur Klaffifikation von Eifen und Stahl. Civiling. 1885, S. 83, 148.

Einheitliche Benennungen von Eifen und Stahl. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 290.

Grundzüge einer einheitlichen Benennung für Eifen und Stahl. Zeitchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 276.

¹⁴⁹⁾ Siehe: BAUSCHINGER, J. Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der K. technischen Hochschule in München. Heft 14. München 1886. S. 55 ff.

¹⁵⁰⁾ 7. Aufl. 1902.

¹⁵¹⁾ Die in Amerika maßgebenden einheitlichen Lieferungsbedingungen für Eifen und Stahl find zu finden in: *Engng.*, 1900-II, S. 281, 381.

Dachfenstern und Dachziegeln, zu Treppenstufen und Belagplatten, zu Öfen, zu ornamentierten Geländerstäben, zu Laternenpfählen usw.

230.
Schmiedeeisen.

Unter Schmiedeeisen versteht man heute nicht mehr, wie früher, bloß das Puddeleisen, sondern man begreift darunter sowohl Schweißeisen, als auch Flußeisen. Gegenwärtig darf man wohl allgemein die Bezeichnung „Flußeisen“ als Gattungsname für alles im flüssigen Zustande (nach dem *Bessemer*-, *Thomas*- oder *Martin*-Verfahren) hergestellte schmiedbare Eisen anwenden; „Schweißeisen“ hingegen ist das im teigigen Zustande (durch das Herdfrisch- oder das Puddelverfahren) hergestellte schmied- oder schweißbare, aber nicht merklich härtbare Eisen.

Schmiedeeisen pflegt man wohl auch Stabeisen zu nennen, weil es in der Regel in Form von Stäben in den Handel gebracht wird; indes hat die Bezeichnung „Stabeisen“ häufig auch eine andere Bedeutung (siehe unter c, 1).

Das Schmiedeeisen kommt in außerordentlich mannigfachen Formen und Arten zur Verwendung und gibt wegen der Vervollkommnung des Walzverfahrens und wegen der genaueren Kenntnis der günstigsten Profile für die verschiedensten Zwecke eine große Reihe von Handelsorten als Elemente der Eisenkonstruktionen. Der Zusammenhang der Form des Querschnittes mit der Elastizität und Festigkeit wird im nächsten Heft (Statik der Hochbaukonstruktionen) dieses „Handbuches“ und die Wahl der passendsten Eisenorten im III. Teile dieses „Handbuches“ (Hochbaukonstruktionen) abgehandelt werden; hier werden nur die im Handel vorkommenden verschiedenen Eisenerzeugnisse selbst zu besprechen sein.

Es ist für den Eisenkonstrukteur von großer Wichtigkeit, die von den Fabriken im großen für den Vorrat hergestellten Handelsorten zu kennen; andererseits müssen die Handelsorten den Anforderungen der größten Tragfähigkeit bei günstigster Form und geringstem Materialaufwand entsprechen, sowie bequeme, in möglichst einfacher Steigerung zunehmende Abmessungen aufweisen. Form und Abmessungen der Handelsorten werden noch durch technische, die Beschaffenheit besonders des Walzeisens betreffende Rückfichten mitbestimmt. Aus diesen Gründen hat man schon früh sog. Lehren und Normalabmessungen festgesetzt, und seit längerer Zeit strebt man allgemein, besonders in Deutschland, dahin, für alle Sorten „Normalprofile“ aufzustellen, weil nicht nur die Konstruktion selbst erleichtert wird, sondern insbesondere der Preis und die Güte der Ware dadurch gewinnt.

231.
Stahl.

Wie schon in Art. 226 (S. 237) ausgeführt wurde, soll alles schmiedbare Metall, welches sich härten läßt, Stahl genannt und nach früher Gesagtem Schweiß- und Flußstahl unterschieden werden.

Schweißstahl ist hiernach das im teigigen Zustande (durch das Herdfrisch- oder Puddelverfahren) gewonnene schmiedbare, merklich härtbare Metall, und unter Flußstahl ist, ähnlich wie beim Flußeisen, alles im flüssigen Zustande (nach dem *Bessemer*-, *Thomas*- oder *Martin*-Verfahren) hergestellte schmiedbare Metall zu verstehen, jedoch nur dann, wenn es merklich härtbar ist. Die Grenze der Härbarkeit des Flußmetalls ist nicht feststehend; im allgemeinen beginnt sie bei einem Kohlenstoffgehalt deselben von etwa 0,25 Vomhundert.

Wegen dieser Unsicherheit in der Bestimmung der Härtfähigkeitsgrenze des Flußmetalls wird von mancher Seite empfohlen, als Unterscheidungsmerkmal zwischen Flußeisen und Flußstahl das Maß der Zugfestigkeit des Metalls zugrunde zu legen; hiernach soll alles Flußmetall, dessen Zugfestigkeit größer als 5000 kg für 1 cm² ist, den Namen „Flußstahl“, alles übrige den Namen „Flußeisen“ erhalten.

In der unten genannten Quelle ¹⁵²⁾ wird es mit einem gewissen Recht als wissenschaftlicher bezeichnet, wenn man im allgemeinen, ohne Rückficht auf den Härtegrad, immer nur von „Fluß-eisen“ oder von „Flußmetall“ spricht, und daß man die Bezeichnung „Flußstahl“ bloß dann gebraucht, wenn man ausdrücklich eine harte Sorte von Flußmetall besonders kennzeichnen will.

Genau läßt sich eine bestimmte Sorte Flußmetall nur dadurch kennzeichnen, wenn man gleichzeitig seine Erzeugungsart (*Bessemer-, Thomas-, Martin-* ufw. Verfahren), seinen Kohlenstoffgehalt, seine Zugfestigkeit und seine sonstigen besonderen Eigenschaften angibt.

Der Stahl ¹⁵³⁾ wird im Hochbau als Konstruktionsmaterial verhältnismäßig nur selten angewendet; er kommt wohl nur für große Dachstuhlkonstruktionen in Frage. Seiner Benutzung für den inneren Ausbau ist schon gedacht worden.

Diejenigen Eigenschaften, welche bei der Verwendung des Eisens zu Baukonstruktionen hauptsächlich in Frage kommen, sind nach *Mehrtens* ¹⁵⁴⁾: Schmiedbarkeit, Dehnbarkeit, Härte, Härtebarkeit, Schweißbarkeit und Zähigkeit. Die Proben, welche die Erkenntnis dieser Eigenschaften herbeizuführen bestimmt sind, bestehen nach demselben Fachmann in Befichtigungs-, mechanisch-technologischen und chemischen Proben.

Die Befichtigungsproben erfolgen durch den Augenschein und mit Hilfe des Mikroskops.

Die mechanisch-technologischen Proben unterscheidet *Mehrtens* als:

- 1) mechanische oder Festigkeitsproben, und zwar Zug-, Druck-, Biege-, Abfcherungs-, Verdrehungs- und Knickfestigkeitsproben, und
- 2) technologische oder Bruchigkeitsproben, und zwar Biege-, Stauch-, Ausbreit-, Schweiß-, Loch-, Härte- ufw. Proben.

Für den Konstrukteur sind die Festigkeitsproben von hervorragender Bedeutung. Man unterscheidet dabei

- a) Ganz- und Teilproben, je nachdem ungeteilte (ganze) Gebrauchsstücke oder abgetrennte Versuchstücke geprüft werden;
- β) Kalt- und Warmproben, wobei letztere nur dann vorgenommen werden, wenn eine spätere Bearbeitung im warmen Zustande beabsichtigt wird, und
- γ) Dauerproben, bei denen während längerer Zeit die Beanspruchung des zu untersuchenden Eisens stattfindet.

Nach den „Normalbedingungen ufw.“ sind für die Beurteilung von zu Baukonstruktionen zu benutzendem Eisen und Stahl Zerreiβ-, Biege- und Bearbeitungsproben maßgebend. Mit sichtbaren Fehlern behaftete Probefstäbe dürfen nicht verwendet werden.

„Die Stäbe für Zerreiβproben sind von dem zu untersuchenden Eisen kalt abzutrennen und kalt zu bearbeiten. Die Wirkungen etwaigen Scherenschnittes, sowie des Auslochens oder Aushauens sind zuverlässig zu beseitigen. Ausglühen ist, wenn das Gebrauchsstück nicht ebenfalls ausgeglüht wird, zu unterlassen.

Auf den Probefstäben ist die Walzhaut möglichst zu belassen.

Die Probefstäbe sollen in der Regel eine Versuchslänge von 200 mm bei 300 bis 500 mm Querschnitt haben. Bei Rundstäben von weniger als 2 cm Durchmesser ist die Versuchslänge gleich dem 10-fachen Durchmesser. Über die Versuchslänge hinaus haben die Probefstäbe nach beiden Seiten noch auf je 10 mm Länge den gleichen Querschnitt.

Wenn bei Ausführung der Probe der Bruch außerhalb des mittleren Drittels der Versuchslänge des Stabes erfolgt, so ist die Probe zu wiederholen, falls die Dehnung ungenügend ausfällt. Die Zerreiβmaschinen müssen leicht und sicher auf ihre Richtigkeit geprüft werden können.

Zu Biegeproben sind Materialstreifen von 30 bis 50 mm Breite oder Rundeisenstäbe von einer der Verwendung entsprechenden Dicke zu benutzen. Die Probefstücke müssen auf kaltem Wege abgetrennt werden. Die Kanten der Streifen sind abzurunden.“

¹⁵²⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 290.

¹⁵³⁾ Franzosen, Engländer und Amerikaner nennen alles im flüssigen Zustande erzeugte schmiedbare Eisen „Stahl“ (*Acier*, bezw. *Steel*). Die weichen Sorten (Flußeisen) heißt man in Frankreich *Acier doux*, feltener *Fer fondu* (meist nur in der Wissenschaft), oder *Acier extra doux*; in England und Amerika gebraucht man die Bezeichnungen *Soft steel*, *Low steel* und *Mild steel*. Härtere Sorten von Flußmetall kennzeichnet man im Ausland, wenn erforderlich, durch den Zusatz *dur*, bezw. *hard*; in der Regel jedoch begnügt man sich mit der allgemeinen Bezeichnung *Acier*, bezw. *Steel*.

¹⁵⁴⁾ In: Handbuch der Baukunde. Abth. I, Bd. 2, Heft 1: Eisen und Eisenkonstruktionen etc. Von G. MERTENS. Berlin 1887. S. 218.

233.
Beimengungen
und Ver-
unreinigungen.

Wie bereits gesagt, bildet ein gewisser Gehalt an Kohlenstoff die Bedingung für die technische Brauchbarkeit von Eisen und Stahl. Ungeachtet sorgfältigsten Vorgehens ist es in den meisten Fällen unmöglich, ein Material zu erzeugen, welches nicht noch andere Beimengungen enthält. Die wichtigsten derselben sind Mangan, Phosphor, Schwefel und Silicium. Ein Gehalt an Silicium ist meist ohne Bedeutung; Mangan beeinflusst das Eisen in der Regel in günstiger Weise; beide Stoffe lassen sich auf ziemlich einfachem Wege aus dem Eisen entfernen. Schwefel und Phosphor hingegen verschlechtern das Material schon dann, wenn verhältnismäßig nur geringe Mengen davon vorhanden sind; die Absonderung dieser beiden Stoffe aus dem Eisen ist mit Schwierigkeiten verbunden.

Der Gehalt an Phosphor befördert den Kaltbruch, tritt also namentlich bei der Bearbeitung des Eisens bei niedrigen Temperaturen schädlich auf; der Phosphor beeinträchtigt namentlich den Stahl, weil sein Einfluß mit zunehmendem Gehalt an Kohlenstoff wächst. Der Einfluß von Schwefel vergrößert sich mit abnehmendem Gehalt an Kohlenstoff und beeinträchtigt daher die Festigkeit des Schmiedeeisens, insbesondere bei Glühhitze, bei welcher der Rotbruch auftritt.

Aus den angegebenen Gründen ist es leicht erklärlich, daß man seit langer Zeit brauchbare Verfahren ausfindig zu machen gesucht hat, um erforderlichenfalls das Eisen vom Phosphor zu befreien. Neuerdings spielt die sog. Entphosphorung des Eisens eine große Rolle. Lange Zeit hindurch schien es, als ob die Abcheidung des Phosphors aus dem Eisen bei der Stahl- und Flußeisendarstellung nur im Flammenofen möglich, im Konverter dagegen unausführbar sei, bis die Arbeiten von *Snelus*, *Richards*, *Thomas* und *Gilchrist* bekannt wurden, wodurch die Einführung des basischen Betriebes zur Entphosphorung beim *Bessemer*- und beim *Martin*-Verfahren bewirkt wurde. Die Herstellung weicheren Materials, welches in letzter Zeit vielfach verlangt wird, ist hierdurch wesentlich erleichtert worden.

Die sog. Blaubrüchigkeit des Schmiedeeisens beruht in einer plötzlichen Steigerung der Sprödigkeit des Materials, wenn letzteres bei derjenigen Temperatur bearbeitet wird, bei der es blau anläuft (250 bis 300 Grad). Im Gegensatz zu Kaltbruch oder Rotbruch, welche, wie eben gezeigt wurde, durch die Gegenwart von Phosphor, bezw. Schwefel bedingt werden, scheint die Eigenschaft des Blaubruches allen Eisenorten anzugehören; wenigstens fehlen bis jetzt die Ermittlungen, ob bestimmte im Eisen enthaltene Stoffe für diese Eigenschaft maßgebend sind.

234.
Korn
und
Gefüge.

Der Gehalt an Kohlenstoff bedingt auch zum großen Teil das Gefüge von Eisen und Stahl. Die an der Bruchfläche sichtbaren Eisenkristalle bilden das Korn, und das kristallartige Gefüge wird körnig genannt. Die Korngröße nimmt mit einem Kohlenstoffgehalt bis zu 2 Vomhundert ab, wächst aber bei einem Kohlenstoffgehalt von über 2 Vomhundert. Beimengung von Phosphor vergrößert das Korn; Silicium und Schwefel, ebenso geringe Beimengungen von Mangan, Wolfram und Chrom machen das Korn feiner.

Je weniger Kohlenstoff das schmiedbare Metall enthält, desto leichter läßt es sich in der Richtung einer Achse ausstrecken oder, wie man sagt, in Sehne ausbilden. Nimmt der Kohlenstoffgehalt zu, so verringert sich die technische Möglichkeit, durch Bearbeitung Sehne zu bilden; bei einem Gehalt von etwa 0,6 Vomhundert ist diese Möglichkeit nicht mehr vorhanden. Deshalb entstehen in Stahlorten von großem Kohlenstoffgehalt beim Schmieden keine Sehnen¹⁵⁵⁾.

Man war früher der Ansicht, daß durch lange andauernde, stoßartige Wirkungen das Gefüge des Eisens geändert, namentlich daß es dadurch grobkörnig

¹⁵⁵⁾ Bezüglich näherer Einzelheiten sei verwiesen auf: Die Eigenschaften des schmiedbaren Eisens, abgeleitet aus der mikroskopischen Untersuchung des Gefüges. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 572.

werde. Dies ist indes nicht der Fall; zahlreiche Versuche und Beobachtungen vermochten einen Nachweis dafür nicht zu liefern.

Ebenso ist die Anschauung, daß bei der fortgesetzten Beanspruchung einer tragenden Konstruktion innerhalb der gebräuchlichen Sicherheitsgrenzen ihre Festigkeit allmählich abnehme, in keiner Weise erwiesen.

Die Beurteilung von Eisen und Stahl bietet oft Schwierigkeiten, wenn sie nur auf Grund der ermittelten mechanischen und chemischen Eigenschaften erfolgen soll; ein ergänzendes Hilfsmittel ist durch die mikroskopische Untersuchung geboten.

Die Herstellung der für eine solche Untersuchung geeigneten Schlitze ist mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden, erfordert eigenartige Einrichtungen und Geräte, große Übung und Sachkenntnis des Anfertigers. Häufig stehen den Erzeugern und Verbrauchern des Metalls die nötigen Hilfsmittel nicht zu Gebote. Das Königl. Material-Prüfungsamt zu Groß-Lichterfelde-West bei Berlin besitzt eine besondere Abteilung für die Herstellung mikroskopischer Schlitze¹⁵⁶⁾.

Zur Untersuchung mit dem Mikroskop kann auch noch das Ätzverfahren hinzutreten. Ätzt man mit Hilfe von Säuren die Oberfläche von Eisen oder Stahl, so werden lockere Stellen stärker als dichtere, kohlenstoffarme (weichere) stärker als kohlenstoffreiche (härtere) angegriffen. *Kirk* dürfte das Ätzverfahren zuerst systematisch zur Erkennung verschiedener Eisensorten benutzt haben.

Weiches oder fehniges Schmiedeeisen von vorzüglicher Beschaffenheit wird durch Ätzung mit 1 Teil Salzsäure, 1 Teil Wasser und einer Spur Antimonchlorid vollkommen gleichmäßig angegriffen und bleibt licht und mattglänzend; Feinkorneisen wird etwas dunkler, aber auch höchst gleichförmig angegriffen. Grobkorneisen und kaltbrüchiges Eisen werden weit stärker geätzt; ein schwarzer Schlamm bedeckt die porig angefressene Ätzfläche. Schmiedbarer Eisenguß (getempertes Eisen) wird viel stärker zerfressen, und zwar ebenfalls ungleichförmiger als Schmiedeeisen. Puddelstahl und Zementstahl geben graue, sehr ähnlich aussehende Ätzflächen. *Bessemer*- und Gußstahl sind je nach dem Grade der Härte an den ganz gleichförmig aussehenden Ätzflächen dunkler oder lichter grau. Haarrisse treten stets scharf hervor. Roheisen zeigt als graues Gußeisen dunkelgrau, als weißes Gußeisen lichtgraue Ätzung; die Mittelforten beider lassen die eingemengten Teilchen grauen Eisens deutlich erkennen. Im allgemeinen zeigt sich, daß Eisen, aus verschiedenen Sorten paketiirt, stets jene Sorte stärker als gewöhnlich angegriffen zeigt, welche leichter ätzbar ist, und die schwerer angreifbare weit geringer, als wenn sie für sich geätzt wird.

Um die Elastizitäts-, Festigkeits- und Zähigkeitsverhältnisse der verschiedenen Eisen- und Stahlorten zu prüfen, bedient man sich der Festigkeits-Prüfungs-
 Maschinen, Festigkeitsmaschinen kurzweg genannt. Man hat Universal-
 Festigkeitsmaschinen, unter denen vor allem die von *Werder* zu nennen ist, auf
 welchen man die gesamten in Rede stehenden Verhältnisse untersuchen kann, und
 einfachere Festigkeitsmaschinen, auf denen man nur gewisse Proben, z. B. Zug-
 festigkeitsproben usw., vorzunehmen in der Lage ist.

Konstruktion und Gebrauch solcher Maschinen zu beschreiben, geht über den Rahmen der vorliegenden Betrachtungen hinaus. Es sei nur auf das mehrfach genannte *Mehrtens'sche* Buch (S. 253 ff.) aufmerksam gemacht.

Zur Ausführung von Biegeproben können die größeren Universal-Festigkeitsmaschinen gleichfalls verwendet werden. Zur Prüfung kleinerer Stücke sind auch einfache mechanische Vorrichtungen, sog. Biegepressen, konstruiert worden.

Chemische Proben werden meistens nur von den Hüttentechnikern vorgenommen; denselben ist indes, wenigstens nicht für sich allein, kein zu großer Wert beizumessen, weil es nach dem heutigen Stande der Technik nicht möglich ist, aus der Kenntnis der chemischen Eigenschaften allein einen sicheren Schluß auf die physikalischen zu ziehen und ebenfowenig umgekehrt¹⁵⁷⁾.

235.
 Mechanisch-
 technologische
 Proben.

236.
 Chemische
 Proben.

¹⁵⁶⁾ Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 170.

¹⁵⁷⁾ Siehe: MEHRTENS, a. a. O., S. 218.

237.
Elastizität.

Die Elastizität von Eisen und Stahl ist bei den meisten Konstruktionen, die aus diesen Baustoffen hergestellt werden, von großer Wichtigkeit. Die Elastizitätsziffer (-Koeffizient oder -Modul) ist bei verschiedenen Gattungen derselben Eisenart nicht sehr schwankend; bei einer und derselben Eisenkonstruktion (Decke, Dach usw.) schwankt sie nach *Winkler* in den einzelnen Teilen wohl nicht mehr als 5 bis 8 Vomhundert. Durch Strecken, Schmieden, Walzen und andere gewaltfame Verfahren bei nicht zu hoher Temperatur vermindert sich die Ziffer etwas. Der Kohlenstoffgehalt ist bei derselben Art des Eisens, z. B. beim Stahl, nicht von großem Einfluß; der Gehalt an Phosphor verringert die Elastizitätsziffer. Nach *Rudeloff* ist die Wärme auf die Festigkeitseigenschaften des Eisens von Einfluß ¹⁵⁸⁾.

Die Elastizitätsgrenze, die bei den verschiedenen Sorten von Eisen und Stahl verschieden ist, wird bei einer wiederholten Beanspruchung, z. B. bei wiederholtem Durchbiegen, erhöht; durch Ausglühen kann die so erhöhte Grenzziffer (-Koeffizient) wieder vermindert werden. Durch kalte Bearbeitung, wie Hämmern, Walzen usw., wird die Elastizitätsgrenze gleichfalls erhöht; durch Rotglühhitze und darauffolgendes Abkühlen im Wasser erhöht sich die Grenzziffer des Stahles und auch (obwohl in geringerem Maße) diejenige des Schmiedeeisens. Phosphorgehalt und zunehmender Kohlenstoffgehalt erhöhen die Elastizitätsgrenze.

238.
Gewicht.

Das Einheits- (spezifische) Gewicht des Roheisens wechselt (nach *Heinzerling*) zwischen 6,61 und 7,79 und beträgt im Mittel 7,21; das Einheitsgewicht des Schmiedeeisens wechselt zwischen 7,3 und 7,9 und kann im Mittel zu 7,79 angenommen werden; das Einheitsgewicht des Stahls liegt zwischen 7,40 und 8,10 und läßt sich durchschnittlich zu 7,70 ansetzen. Nach dem „Deutschen Bauhandbuch“ betragen die Einheitsgewichte von Gußeisen 7,00 bis 7,50, Schmiedeeisen 7,60 bis 7,79, Eisendraht 7,60 bis 7,80, Zementstahl 7,26 bis 7,80, Frischstahl 7,50 bis 7,80 und Gußstahl 7,80 bis 7,90. Nach dem „Deutschen Normalprofil-Buch für Walzeisen“ soll gegenwärtig das Einheitsgewicht des Flußeisens mit 7,85 zugrunde gelegt werden.

239.
Ausdehnung
durch
Wärme.

Innerhalb der Temperaturschwankungen, welche bei Hochbauten in Frage kommen, dehnt sich das Eisen proportional der Temperaturerhöhung aus. Die linearen Ausdehnungsziffern (-Koeffizienten für 1 Grad C.) betragen von Gußeisen, Schmiedeeisen und Stahl nach *Heinzerling* bzw. 0,000132, 0,000145 und 0,000135. Nach *Mehrtens* ist die Ausdehnungsziffer des Schmiedeeisens zu 0,000118 der ursprünglichen Länge anzunehmen und die Ausdehnung des Stahls durch die Wärme um etwa 8 Vomhundert größer als bei Schmiedeeisen anzusetzen. Die Ausdehnungsziffern des Eisens werden bis zu sehr hohen Wärmegraden von feinem Kohlenstoffgehalt nicht beeinflußt. Auf Längenänderungen infolge des Temperaturwechsels ist bei allen Eisenkonstruktionen mit nicht zu unterschätzender Sorgfalt Rücksicht zu nehmen.

240.
Roßf.

In vollkommen trockener Luft bleibt die Oberfläche des Eisens unverändert; Eisen hingegen, welches feuchter Luft ausgesetzt ist, bedeckt sich mit einem braunen Überzug, dem sog. Roßf. Dieser besteht aus einem Eisenoxyd-Hydrat, dem bald mehr, bald weniger Eisenoxydul, meist auch etwas Kohlensäure, beigemischt ist. Die Bildung des Roßfes setzt sich, wenn keine Vorkehrungen dagegen getroffen werden, ununterbrochen fort, indem das noch unberührte Eisen aus dem

¹⁵⁸⁾ Siehe: *Engng.* 1895—II, S. 186.

Rostüberzug und letzterer aus der umgebenden Luft Sauerstoff anzieht; dies geht solange fort, bis das gesamte Eisen vom Rost ergriffen (durchroftet) ist. Die Gegenwart von Säuren, namentlich Kohlenensäure und Salzsäure, begünstigt die Rostbildung; Alkalien hingegen wirken derselben entgegen. Die Widerstandsfähigkeit gegen Rosten ist beim Schweißeisen größer als beim Flußeisen.

Je mehr die Rostbildung vorwärts schreitet, in desto größerem Maße verringern sich Festigkeit und Zähigkeit, also auch die Tragfähigkeit des Eisens. Die verschiedenen Eisensorten besitzen ein verschiedenes Rostvermögen, d. i. eine verschiedene Widerstandskraft gegen das Rosten. Hierüber, ebenso über die Mittel, durch welche man die Rostbildung zu verhindern bestrebt ist, wird noch später die Rede sein.

Die Be- und Verarbeitung des Eisens und Stahls ist eine ungemein mannigfaltige. Durch Gießen, Hämmern, Tempern, Schweißen, Walzen, Feilen, Hobeln, Fräsen, Drehen, Stanzen, Bohren usw. läßt sich das Metall in die verschiedenartigsten Formen bringen und auch seine Beschaffenheit verändern. Das Gebiet dieser großenteils mechanischen, zum Teile auch chemischen Verfahren ist so umfassend, daß eine, wenn auch nur andeutungsweise Betrachtung derselben weit über den Rahmen dieses „Handbuches“ gehen würde. Die „Mechanische Technologie“ und die „Metallurgie“ sind die Wissenschaften, in deren Bereich die fraglichen Vorgänge gehören.

Die im Handel vorkommenden Eisensorten stellen jene Formen dar, welche in der Praxis am häufigsten benutzt werden und deshalb nach herkömmlichen „Normalien“ für den Vorrat hergestellt werden.

Es ist interessant, auch hier den glücklichen Durchbruch einheitlicher Bestrebungen verzeichnen zu können, und namentlich offenbart sich der beginnende Einfluß der praktischen Errungenschaften der noch verhältnismäßig jungen Festigkeitslehre hier in höchst erfreulicher Weise. Sachgemäße Verwertung des Materials ist gerade beim Eisen zum greifbarsten Durchbruch gelangt, insbesondere, seit auch die allgemeine Einführung des metrischen Systems gesetzliche Kraft erlangte.

Selbst in jenen Fällen, wo das Eisen nicht als Konstruktions-, sondern als Ausbaumaterial auftritt, haben sich einheitliche Bestrebungen geltend gemacht und zum nicht geringen Teile bereits zu erfreulichen Ergebnissen geführt.

Literatur

über „Eisen als Baustoff“.

Da von den zahlreichen Werken über „Metallurgie“ und über „Hüttenkunde“ hier abgesehen werden muß, sind etwa nur die nachstehenden Schriften zu nennen:

LOVE, G. H. *Des diverses résistances et autres propriétés de la fonte du fer et de l'acier etc.* Paris 1859.

GUETTIER, A. *De l'emploi pratique et raisonné de la fonte, de fer dans les constructions.* Paris 1861.

FAIRBAIRN, W. *Iron: its history, properties and processes of manufacture.* Edinburg 1861.

BAER, W. *Das Eisen. Seine Geschichte, Gewinnung und Verarbeitung.* Leipzig 1862.

De l'emploi du fer et de la fonte. *Gaz. des arch. et du bât.* 1865, S. 135, 372.

HERMANT, A. *Du fer et son emploi dans les constructions.* *Moniteur des arch.* 1866, S. 85.

BOHNSTEDT, L. Ueber die Bedeutung des Eisens für die Baukunst. *Deutsche Bauz.* 1867, S. 201, 209, 219.

BOILEAU, L. A. *Le fer principal élément constructif de la nouvelle architecture.* Paris 1871.

Das Eisen als Baustoff. *Deutsche Bauz.* 1873, S. 169.

- GLINZER, E. Das Eifen, seine Gewinnung und Verwendung. Eine monographifche Skizze. Hamburg 1876.
- DOUKOUPIL. Das Eifen als Baufftoff. Biltritz 1877.
- Organ für die Fortfchritte des Eifenbahnwefens in technifcher Beziehung. Suppl.-Bd. 7: Die Eigenfchaften von Eifen und Stahl. Wiesbaden 1880.
- JEANS, J. S. *Steel: its history, manufacture properties and uses*. London 1880.
- TRÉLAT, E. *Le fer dans les mains d'architecte*. Paris 1880.
- PICTON, J. A. *Iron as a material for architectural construction*. *Building news*, Bd. 38, S. 497.
- JASPING, E. Die Darftellung des Eifens und der Eifenfabrikate. Wien, Pefit u. Leipzig 1881.
- DESHAYES, V. *Claffement et emploi des aciers*. Paris 1882.
- MACY. Betrachtungen über die hauptfächlichften Conftuctionsmaterialien Eifen und Stahl. Eifenb., Bd. 17, S. 27.
- Du fer et de l'acier doux, confidérés comme matériaux de construction*. *Encycloédie d'arch.* 1882, S. 4, 19, 41.
- Einheitliche Nomenclatur und Claffification von Bau- und Conftuctionsmaterialien. Theil 1: Eifen und Stahl. Herausg. durch den fchweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürich 1883.
- THURSTON, R. H. *Materials of engineering. Part 2^d: Metallic materials, iron and steel*. New York 1883.
- KUPELWIESER, F. Ueber die neueren Fabrikations-Methoden für Eifen und Stahl, über Qualitäts-Eigenfchaften und Erprobung diefer Materialien. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 187.
- MARTENS, A. Eifen und Stahl. *Zeitchr. d. Ver. deutfch. Ing.* 1883, S. 51.
- GREENWOOD, W. *Steel and iron, etc*. London 1884.
- CONSIDÈRE. *Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions. Annales des ponts et chauffées* 1885—I, S. 574; 1886—I, S. 5. — Deutfche Ueberfetzung: Die Anwendung von Eifen und Stahl bei Conftuctionen. Von E. HAUFF. Wien 1888.
- Handbuch der Baukunde. Abth. 1, Bd. 2, Heft 1: Eifen und Eifenkonftuctionen etc. Von G. MEHRTENS. Berlin 1887.
- LEDEBUR, A. Eifen und Stahl in ihrer Anwendung für bauliche und gewerbliche Zwecke. Berlin 1890.
- CAMPREDON, L. *L'acier. Historique, fabrication, emploi*. Paris 1890.
- Flußeifen und defsen gegenwärtige Stellung als Bauconftuctions-Material. UHLAND's Techn. Rundfchau, Jahrg. 8, S. 85, 90, 102, 114.
- SCHOPPMANN, R. Eifen und Stahl, ihre Eigenfchaften und Behandlung etc. Leipzig 1899.
- BECK, L. Die Gefchichte des Eifens in technifcher und kulturgefchichtlicher Beziehung. Braunschweig 1903.
- VIERENDEEL, A. *La construction architecturale en fonte, fer et acier*. Löwen u. Paris 1904.

Ferner:

- Iron. Journal of science, metals and manufactures in iron and steel*. London. Erfcheint feit 1873. Eifen-Zeitung etc. Red. von F. KUH. Berlin. Erfcheint feit 1880.
- La fonte et le fer*. Paris. Erfcheint feit 1881.
- Stahl und Eifen. *Zeitchrift für das deutfche Eifenhüttenwefen*. Red. von E. SCHRÖDER & W. BEUMER. Erfcheint feit 1881.
- Les métaux ouvrés. Emploi du fer, de la fonte, du cuivre, du zink etc. dans la construction et la décoration*. Paris. Erfcheint feit 1882.
- Oefterreichifch-ungarifche Eifen-Zeitung. Fachblatt für Eifen-, Stahl-, Metall- etc. Induftrie. Red. v. RAPP. Wien 1885—86.
- Eifen und Metall. Fachblatt für Handel und Fabrikation von Eifen- und Metallwaaren. Berlin 1886—96.
- Metall- und Eifen-Zeitung. Herausg. von E. A. SITTING & SOHN. (Deutfch und englifch.) Leipzig 1893—95.

b) Roh- und Gußeifen.

Wie fchon in Art. 229 (S. 239) gefagt wurde, ift Roheifen das unmittelbar aus dem Hohofen hergefteilte Eifen; es ift leicht fchmelzbar, aber nicht fchmiedbar. Nach der Farbe und dem Gefüge unterfcheidet man:

- 1) weißes oder körniges Roheisen,
- 2) strahliges Roheisen oder Spiegeleisen,
- 3) halbiertes Roheisen und
- 4) graues Roheisen.

Im weißen Roheisen ist hauptsächlich chemisch gebundener Kohlenstoff enthalten; das graue Roheisen kennzeichnet sich durch eine Beimengung von Graphit, den man auf der frischen Bruchstelle bei oberflächlicher Betrachtung ausschließlich wahrnimmt. Roheisen, auf dessen Bruchfläche außer Graphit auch eine weiße Grundmasse zu sehen ist, heißt halbiertes Roheisen; solches, welches einen sehr hohen Kohlenstoffgehalt besitzt, wird wegen seiner glänzenden, großblättrigen spiegelartigen Ablonderungsflächen Spiegeleisen genannt.

Nach seiner Herstellung läßt sich das Roheisen als Kokes-Roheisen und Holzkohlen-Roheisen unterscheiden; das letztere zeichnet sich vor ersterem durch eine größere Festigkeit aus, welche seiner größeren Reinheit entstammt.

Das weiße Roheisen ist außerordentlich hart, so daß es mit der Feile nicht bearbeitet werden kann; der Einwirkung feuchter Luft widersteht es lange Zeit, ebenso auch chemischen Einflüssen.

Das graue Roheisen wird hauptsächlich als Gießerei-Roheisen verwendet; nur sehr selten wird es im Puddelofen verarbeitet.

Gußeisen wurde in Art. 229 (S. 239) als ungeschmolzenes Roheisen erklärt. Da indes Gußwaren auch unmittelbar vom Hohofen weg erzeugt werden, so schlug ein vom Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein eingesetzter Ausschuß 1893 vor, unter der Bezeichnung Gußeisen in der Regel ein graues, ausnahmsweise ein halbiertes Roheisen zu verstehen, wenn es durch die formgebenden Arbeiten des Schmelzens und Gießens zu Gebrauchsgegenständen (Gußwaren) verarbeitet worden ist.

Gußeisen, welches durch Abnutzung oder aus anderen Gründen unbrauchbar geworden ist, wird häufig Brucheisen genannt.

Die aus Gußeisen auszuführenden Konstruktionsteile eines Bauwerkes sind, wenn nicht aus besonderen Gründen Hartguß oder andere Gußeisenforten gewählt werden, nach den „Normalbedingungen usw.“ aus grauem weichen Eisen lauber und fehlerfrei herzustellen. Es muß möglich sein, mittels eines gegen eine rechtwinkelige Kante des Gußstückes mit dem Hammer geführten Schlages einen Eindruck zu erzielen, ohne daß die Kante abspringt.

Das graue Roheisen wird hauptsächlich wegen seiner nicht zu großen Härte und Sprödigkeit und wegen größerer Leichtflüßigkeit vorgezogen. Es hat auf dem Bruche eine hellbläulich-graue Farbe mit beträchtlichem Metallglanz und feinkörnigem Gefüge. Farbe und Gefüge sollen durchweg gleich sein; nur in der Nähe der Haut kann die Farbe etwas lichter und das Gefüge feiner sein. Die Haut selbst soll glatt, rein und ohne Unterbrechung mit regelmäßigen Flächen und scharfen Kanten sein. Fleckiger, geflammt oder gefladerter Bruch von verschiedenfarbigem Eisen oder großen Kornflecken, insbesondere aber sichtbare Poren und Höhlungen, machen das Eisen unzuverlässig. Luftblasen im Inneren erkennt man durch Abklopfen der Oberfläche mittels eines Hammers.

Da fehlerfreier Guß hauptsächlich unter Druck erzielt wird, sollte der Architekt stets fordern, daß Säulen, Röhren usw. in aufrechter Stellung gegossen und am besten „mit verlorenem Kopfe“, d. h. einer überstehenden Gußmasse versehen werden, welche den Druck auf das Gußstück vermehrt, die Blasen in sich aufnimmt und nach dem Erkalten abgeschlagen wird.

Da die Gußhaut eine größere Festigkeit besitzt als das Innere und zugleich gegen Rost schützt, so sollte sie bei wichtigen Konstruktionen nicht verletzt oder abgedreht werden.

244.
Gewicht.

Über das Eigengewicht des Gußeisens wurden in Art. 238 (S. 244) bereits Angaben gemacht. Diesen sei hier hinzugefügt, daß nach *Mehrtens* das Einheitsgewicht zwischen 7,0 und 7,6 schwankt; es nimmt mit dem Gehalt an Kohlenstoff und anderen fremden Körpern zu. Das weiße Roheisen hat ein geringeres Einheitsgewicht als graues Roheisen. Je größer die Abmessungen eines Gußstückes sind, je größer also sein Rauminhalt ist, desto geringer ist seine Dichtigkeit; man kann seine Dichtigkeit erhöhen, wenn man beim Gießen den vorerwähnten verlorenen Kopf in Anwendung bringt.

Nach den „Normalbedingungen ufw.“ ist bei Gußeisen das Eigengewicht zu 7250 kg für 1 cbm anzunehmen.

245.
Schmelzpunkt;
Ausdehnung
und
Schwinden.

Der Schmelzpunkt des Roheisens ist zwischen 1050 und 1200 Grad C. gelegen.

Die Größe der Ausdehnung infolge von Temperaturchwankungen oder die log. Ausdehnungsziffer ist bereits in Art. 239 (S. 244) mitgeteilt worden. Ebenso wichtig wie diese ist für gußeiserne Bauteile die log. Schwindungsziffer (-Koeffizient); der Architekt, welcher Zeichnungen einer Gießerei übergibt, hat das Schwindmaß, welches linear 0,0104 beträgt, jedesmal zu berücksichtigen und auch anzugeben, ob die Zeichnungen im Schwindmaßstab angefertigt sind oder nicht.

246.
Elastizität.

Über die Elastizität des Gußeisens sind nur wenige Versuche angestellt worden; *Buchanan, Fairbairn, Hodgkinson, Rondelet, Tredgold* u. a. haben solche vorgenommen. Die Elastizitätsziffer ist zwischen 672 und 1730^t für 1 qcm gelegen; nach *Winkler* kann sie im Mittel zu 1000^t für 1 qcm ange setzt werden. Die Elastizitätsgrenze (Grenzziffer, Spannung an der Elastizitätsgrenze) ist unbekannt; sie wird für Zug zu 0,44 bis 0,75, für Druck zu 1,33 bis 1,94^t für 1 qcm geschätzt; erstere beträgt ungefähr $\frac{1}{2}$, letztere $\frac{1}{5}$ der bezüglichen Festigkeitsziffer. Indes gründen sich diese Zahlen auf keinerlei zuverlässige Versuche.

247.
Festigkeit.

Die Festigkeitsverhältnisse des Gußeisens kennzeichnen sich im Vergleich mit jenen von Schmiedeeisen und Stahl durch die bedeutend höhere Druckfestigkeit gegenüber der Zugfestigkeit und durch die verschiedenen Werte für Zugfestigkeit, welche sich ergeben, sobald man daselbe Material einmal auf Zug und das andere Mal auf Biegung in Anspruch nimmt. Nach den Versuchen von *Fairbairn* und *Hodgkinson* schwanken die Werte der verschiedenen Festigkeiten wenig, je nachdem das Gußeisen mit kaltem oder erhitztem Gebläsewind erblasen wurde. Hingegen erhöht sich die Druckfestigkeit durch oftmaliges Schmelzen in bedeutendem Maße. Auch die Größe der Probestücke ist von Einfluß auf das Ergebnis; kleine Würfel weisen größere Druckfestigkeit auf als größere.

Auch über die Zugfestigkeit des Gußeisens liegen nur wenige Versuche von *Brown, Hodgkinson, Rennie* ufw. vor. Die Ziffern schwanken zwischen 660 und 2410 kg für 1 qcm und geben einen Mittelwert von 1300 kg für 1 qcm. *Mehrtens* gibt für die geringsten (unreinen) Sorten die Zugfestigkeit zu 450 kg, für die gewöhnlichen Sorten zu 1210 kg und für die vorzüglichsten Sorten zu 2000 kg für 1 qcm an. Die Zugfestigkeit nimmt mit wachsendem Querschnitt des Probestückes ab.

Die Druckfestigkeit wurde insbesondere von *Hodgkinson* und *Rennie* untersucht und in den Mittelwerten zwischen 5680 und 8900 kg für 1 qcm gefunden. *Mehrtens* bemißt dieselbe für gewöhnliche Eisenforten mit 5000 kg und für vor-

zügliche Sorten mit 10 000 kg für 1 qcm. Man kann die Druckfestigkeit wohl auch gleich der 6-fachen Zugfestigkeit, d. i. nahezu mit 7900 kg für 1 qcm ansetzen.

Für Abfcherungsfestigkeit kann man nach *Rankine* durchschnittlich 1950 kg und für Biegungsfestigkeit im Mittel 2860 kg für 1 qcm annehmen; doch ist auf den letzteren Koeffizienten die Querschnittsform nicht ohne Einfluß. Nach *Winkler* kann man denselben für den rechteckigen Querschnitt zu 2800 kg für 1 qcm annehmen, während bei unsymmetrisch-I-förmigem Querschnitt, je nachdem der Bruch durch Zerreißen oder Zerdrücken stattfinden soll, die beiden Ziffern 2100, bezw. 5300 kg für 1 qcm Anwendung finden können. *Mehrtens* setzt die Biegungsfestigkeit bei gewöhnlichen Eifenorten zu 2550 kg und bei vorzüglichen Sorten zu 5000 kg für 1 qcm an.

Nach den „Normalbedingungen usw.“ soll die Zugfestigkeit bei Gußeisen mindestens 12 kg für 1 qmm betragen. Ein unbearbeiteter quadratischer Stab von 3 cm Seitenlänge, auf zwei 1 m voneinander entfernten Stützen liegend, muß eine allmählich bis zu 450 kg zunehmende Belastung in der Mitte aufnehmen können, bevor er bricht ¹⁵⁹⁾.

Ein geringer Gehalt an gebundenem Kohlenstoff (bis etwa 1 Vomhundert) vermehrt die Festigkeit des Gußeisens; großer Kohlenstoffgehalt vermindert sie. Durch Erwärmung wird die Festigkeit des Gußeisens gleichfalls verringert; gußeiserne Freistützen haben bei höheren Wärmegraden eine geringere Tragfähigkeit als bei gewöhnlicher Temperatur. Strenge Kälte vermindert die Festigkeit des Gußeisens auch; insbesondere wird es dadurch gegen Stöße sehr empfindlich.

Die Zähigkeit des Gußeisens wird durch einen geringen Gehalt an gebundenem Kohlenstoff verringert; enthält daselbe sehr viel Kohlenstoff, so wird es sehr spröde. Auch ein Gehalt an Phosphor macht es spröde. Schwefel, in geringen Mengen vorhanden, hat auf die Zähigkeit des Gußeisens keinen Einfluß.

Die Härte des Gußeisens wird durch Gehalt an Phosphor und Schwefel nur wenig vermehrt; durch Mangangehalt wird sie bedeutend gesteigert. Enthält das Gußeisen wenig Silicium, so wird seine Härte verringert; großer Siliciumgehalt steigert sie.

Nach *Ledebur* kann man die folgenden Härtegrade von Gußeisen unterscheiden:

- 1) Geringste Härte besitzen die graphitreichsten, manganarmen Sorten mit 2 bis 3 Vomhundert Silicium und weniger als 1 Vomhundert Mangan; sie sind mit Schneidwerkzeugen am leichtesten zu bearbeiten.
- 2) Härter und daher auch schwerer bearbeitbar sind diejenigen Sorten, welche unter 2 Vomhundert oder über 3 Vomhundert Silicium enthalten.
- 3) Große Härte zeigen die Sorten mit 1 bis 2 Vomhundert Mangangehalt.
- 4) Die größte Härte besitzen Sorten mit 4 bis 5 Vomhundert Mangangehalt, so daß sie sich mit der Feile nur schwer bearbeiten lassen.

Unter den Gußwaren, die im Handel vorkommen, spielen Säulen und Röhren die größte Rolle. Die ersteren haben sehr verschiedene Abmessungen und eine äußerst mannigfaltige Gestalt erhalten. Für Gußeisenröhren, die in erster Reihe für Wasser- und Dampfleitungen bestimmt sind, allein sonst noch für die verschiedenartigsten Zwecke benutzt werden, hat der „Verein deutscher Ingenieure“ gemeinam mit dem „Vereine der Gas- und Wasserfachmänner Deutschlands“ Normalien aufgestellt, die sich auf Flanschen- und Muffenröhren (Fig. 32 u. 33)

248.
Zähigkeit
und
Härte.

249.
Gußwaren.

¹⁵⁹⁾ Über die Prüfung von Gußeisen siehe auch die Referate über die 1886 in Dresden abgehaltene Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Konstruktionsmaterialien (Aufg. 14: Die Prüfungsmethoden für Gußeisen) in: BAUSCHINGER, J. Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. technischen Hochschule in München, Heft 22. München 1894. S. 48.

Normaltabelle für gußeiserne
Gemeinschaftlich aufgestellt vom Vereine deutscher Ingenieure

Muffenröhren (Fig. 32).	Lichter Durchmesser des Rohres D . . . mm	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300	
	Norm. Wandstärke δ mm	8	8	8,5	8,5	9	9	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	
	Äußerer Durchmesser des Rohres D_1 . . . mm	56	66	77	87	98	108	118	144	170	196	222	248	274	300	326	
	Gewicht eines Rohrstückes v. 1 m Länge kg	8,75	10,57	13,26	15,20	18,24	20,29	22,34	29,10	36,44	44,36	52,86	61,95	71,61	81,85	92,68	
	Stärke der Dichtungsfuge f . . . mm	7,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,05	7,5	7,5	8,0	8,0	8,5	8,5	8,5	
	Innere Muffenweite D_2 . . . mm	70	81	92	102	113	123	133	159	185	211	238	264	291	317	343	
	Innere Muffentiefe t mm	74	77	80	82	84	86	88	91	94	97	100	100	103	103	105	
	Dichtungstiefe t' mm	62	65	67	69	70	72	74	77	79	81	83	83	84	84	85	
	Gew. einer Muffe kg	2,68	3,14	3,85	4,35	5,09	5,70	6,20	7,64	9,89	12,00	14,41	16,89	19,61	22,51	25,78	
	Übliche Nutzlänge eines Rohres m	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	
	Gew. eines Rohres von vorstehender Nutzlänge kg	20,18	24,28	30,41	49,95	59,81	66,57	73,22	94,94	119,21	145,08	172,99	202,71	306,05	349,91	396,50	
	Gew. für 1 m Rohr bei vorstehender Nutzlänge kg	10,69	12,14	15,21	16,65	19,94	22,19	24,41	31,65	39,74	48,36	57,66	67,57	76,51	87,48	99,15	
	Flanchenröhren (Fig. 33).	Durchmesser des Flanches D' . . . mm	140	160	175	185	200	215	230	260	290	320	350	370	400	425	450
		Dicke des Flanches d mm	18	18	19	19	20	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25
		Breite der Dichtungsliefe b . . . mm	25	25	25	25	25	25	28	28	28	30	30	30	30	30	30
Höhe der Dichtungsliefe h . . . mm		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Lochkreisdurchmesser D'' . . . mm		110	125	135	145	160	170	180	210	240	270	300	320	350	375	400	
Anzahl der Schrauben . . . Stück		4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	8	8	8	
Stärke der Schraub. s engl. Zoll		$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$									
Länge der Schrauben l . . . mm		70	75	75	75	75	75	85	85	85	85	85	85	100	100	100	
Durchmesser des Schraubenloches s' . . . mm		15	17	17	17	17	17	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
Gewicht eines Flanches nebst Anschluß . . . kg		1,89	2,41	2,96	3,21	3,84	4,37	4,96	6,26	7,69	8,96	10,71	11,02	12,98	14,41	15,32	
Üblich. Baulänge mm		2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Gew. eines Rohres von vorstehender Baulänge . kg		21,28	25,96	32,44	52,02	62,40	69,61	76,94	99,82	124,70	151,00	180,00	207,89	240,79	274,37	308,68	
Gew. für 1 m Rohr bei vorstehender Baulänge . kg		10,64	12,98	16,22	17,34	20,80	23,20	25,65	33,27	41,57	50,33	60,00	69,30	80,26	91,46	102,89	

Muffen- und Flanchenröhren.
und vom Deutschen Vereine von Gas- und Wasserfachmännern.

325	360	375	400	425	450	475	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100	1200
13,5	14	14	14,5	14,5	15	15,5	16	16,5	17	18	19	20	21	22,5	24	26	28
352	378	403	429	454	480	506	532	583	634	686	738	790	842	945	1048	1152	1256
104,08	116,07	124,04	136,89	145,15	158,87	173,17	188,04	212,90	238,90	273,86	311,15	350,76	392,69	472,76	559,76	666,81	783,15
8,5	8,5	9,0	9,5	9,5	9,5	9,5	10,0	10,0	10,5	10,5	11,0	11,0	12,0	12,5	13,0	13,0	13,0
369	395	421	448	473	499	525	552	603	655	707	760	812	866	970	1074	1178	1282
105	107	107	110	110	112	112	115	117	120	122	125	127	130	135	140	145	150
85	86	86	88	88	89	89	91	92	94	95	96	97	98	101	104	106	108
28,83	32,23	34,27	39,15	41,26	44,90	48,97	54,48	62,34	71,15	83,10	98,04	111,29	129,27	160,17	195,99	243,76	294,50
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
445,15	496,51	530,43	586,71	621,82	680,38	741,65	806,64	913,94	1026,75	1178,54	1342,64	1514,33	1700,03	2051,21	2435,03	2911,00	3427,10
111,29	124,13	132,61	146,68	155,46	170,40	185,41	201,66	228,49	256,69	294,64	335,66	378,58	425,01	512,80	608,76	727,75	856,78
490	520	550	575	600	630	655	680	740	790	840	900	950	—	—	—	—	—
26	26	27	27	28	28	29	30	33	33	33	33	33	—	—	—	—	—
35	35	35	35	35	35	40	40	40	40	40	40	40	—	—	—	—	—
4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	—	—	—	—	—
435	465	495	520	545	570	600	625	675	725	775	830	880	—	—	—	—	—
10	10	10	10	12	12	12	12	14	16	18	18	20	—	—	—	—	—
22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	26	26	26	26	26	—	—	—	—	—
$\frac{7}{8}$	1	1	1	1	1	—	—	—	—	—							
105	105	105	105	105	105	105	105	120	120	120	120	120	—	—	—	—	—
25	25	25	25	25	25	25	25	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	—	—	—	—	—
19,48	21,29	24,29	25,44	27,64	29,89	32,41	34,69	44,28	47,41	50,13	56,50	59,81	—	—	—	—	—
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	—	—	—	—	—
351,20	390,79	420,70	461,55	490,73	536,39	584,33	633,50	727,26	811,52	921,84	1046,45	1171,90	—	—	—	—	—
117,07	130,26	140,23	153,85	163,58	178,80	194,78	211,17	242,42	270,51	307,28	348,82	390,63	—	—	—	—	—

Bemerkungen. Die normalen Wandstärken gelten für Röhren, welche einem Betriebsdrucke von etwa 10 Atmosphären und einem Probedrucke von im Maximum 20 Atmosphären ausgesetzt sind und vor allem Wasserleitungszwecken dienen. Für gewöhnliche Druckverhältnisse von Wasserleitungen (4 bis 7 Atmosphären) ist eine Verminderung der Wandstärken und dementsprechend auch der Gewichte zulässig, desgleichen für Leitungen, in welchen nur ein geringer Druck herrscht (Gasleitungen, Windleitungen, Kanalisationsleitungen). Für Dampfleitungen, welche größeren Temperaturdifferenzen und dadurch entstehenden Spannungen, sowie für Leitungen, welche unter besonderen Verhältnissen schädigenden äußeren Einflüssen ausgesetzt sind, ist es empfehlenswert, die Wandstärken resp. Gewichte entsprechend zu erhöhen.

Der äußere Durchmesser des Rohres ist feststehend und werden Änderungen der Wandstärke nur auf den lichten Durchmesser des Rohres von Einfluß sein.
Als unabänderlich normal gilt ferner die innere Muffenform, die Art des Anschlusses an das Rohr, sowie die Bleifugenstärke.
Aus Gründen der Fabrikation sind bei geraden Normalröhren Abweichungen von den durch Rechnung ermittelten Gewichten im Maximum um + 3 Vohundert zu gestatten. — In den Gewichtsberechnungen ist das spezifische Gewicht des Gußeisens zu 7,25 eingesetzt worden. — Für die Anordnung der Schraubenlöcher bei den Flanchenröhren gilt die Regel, daß in der Vertikalebene der Achse des Rohres sich keine Schraubenlöcher befinden sollen.

(samt zugehörigen Schiebern, Hähnen und Ventilen) beziehen und in der umstehenden Tabelle niedergelegt sind.

Ferner finden sich Herdplatten in normalen Abmessungsabstufungen, wie sie der zweite österreichisch-ungarische Eisen-Beratungstag aufgestellt hat, ziemlich allgemein im Handel vor. Ebenso erzeugen die verschiedenen Hüttenwerke gerippte und geriefte Platten für verschiedene Zwecke, Wendeltreppen, Öfen, Geländerläufe, Kandelaber, Dachziegel, Dachfenster usw. in bestimmten Formen und

Fig. 32.

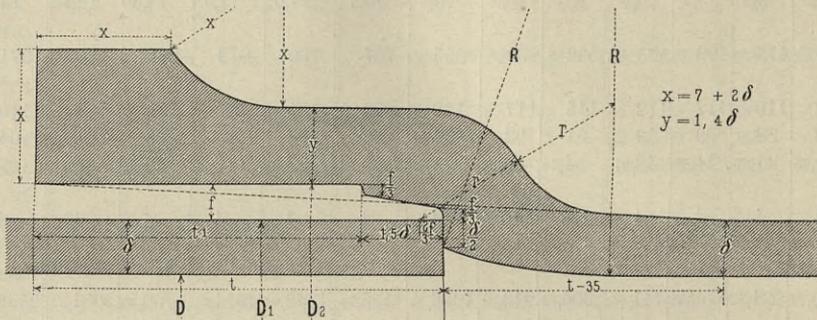
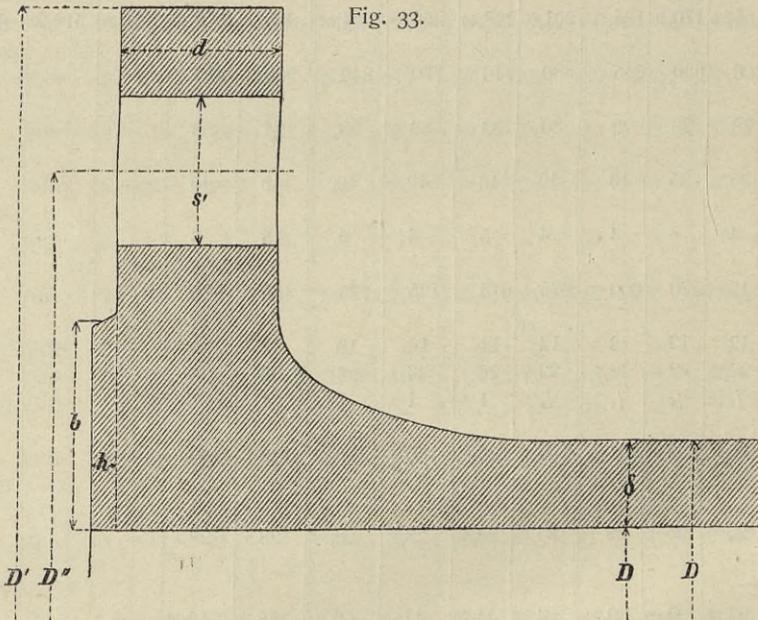


Fig. 33.



Größen, die in der Regel nach Nummern unterschieden werden. Endlich seien noch Konfolen, Unterlagsplatten, Träger, Laternenarme, Brunnenfassen, Stallkrippen, Raufen, Gußornamente, wie Roletten, Löwenköpfe usw., erwähnt. Einzelne dieser Erzeugnisse werden wohl auch zum Schutze gegen Rost verzinkt oder mit einem Emailüberzug (letzteres namentlich bei Dachziegeln) versehen in den Handel gebracht.

Hierbei ist auch noch des sog. Eisen-Kunstgusses, namentlich des Ornamentgusses, zu gedenken, für dessen tadelloses Gelingen die größte Sorgfalt in der Auswahl und Zubereitung des Formlandes, des Lehms, der Holzkohlen und

aller übrigen Materialien unbedingtes Erfordernis ist. Gute Erfolge können nur erzielt werden mit einem Stamm tüchtig geschulter und intelligenter Arbeiter, die sich die nötige Fingerfertigkeit und Geschicklichkeit angeeignet haben, die Modelle und Formteile mit der notwendigen Vorlicht und Ruhe zu behandeln. Dem Ornamentguß insbesondere ist die Behandlung der Modelle eigentümlich ¹⁶⁰⁾.

Eisengußwaren können nachträglich schmiedbar gemacht werden, und es entsteht dadurch der schmiedbare Eisenguß, auch Weichguß oder Temperguß genannt.

Unter Tempern versteht man das Verfahren, harte Gußwaren durch Glühen und allmähliches Abkühlen weich zu machen. Um Temperguß zu erzielen, werden die aus grauem Roheisen gegossenen Stücke in einem geschlossenen eisernen Behälter, der mit Kohlenstaub gefüllt ist, längere Zeit der Glühhitze ausgesetzt; dabei wird das dichte, weiße Gefüge des Gußeisens in körniges graues umgewandelt. Der eigentliche schmiedbare Guß entsteht, wenn man die gegossenen Gegenstände durch das sog. Glühfrischen (siehe Art. 258) unter Anwendung chemischer Mittel derart tempert, daß der gebundene Kohlenstoff infolge oxydierender Einflüsse verbrennt und dadurch das Eisen schmiedbar wird.

Werden Gußwaren durch Gießen des Eisens in eiserne Formen an ihrer Oberfläche besonders hart gemacht, so werden sie zu Hartgußwaren.

Die für die Herstellung der Gußwaren erforderlichen Formen können offen, in Sandmasse oder in Lehm ausgeführt sein; hiernach kann man Herdguß, Sandmassenguß und Lehmguß unterscheiden.

Die für Gasleitungen bestimmten gußeisernen Röhren haben die nachstehenden Abmessungen und Gewichte:

Lichte Weite:	38	51	62	76	102	127	152	203	254	305	381	457	508	610	762	914	Millim.
Länge:	1,8	1,8	1,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	Met.
Tiefe der Muffen:	76	76	76	76	102	102	102	102	114	114	114	114	114	114	114	114	Millim.
Gewicht für 1 ^m																	
Baulänge:	8,4	10,8	13,6	16,8	23,2	31,2	38,4	59,2	78,4	100,0	139,0	184,0	208,0	256,0	408,0	510,0	Kilogr.

Je dichter und glatter die Oberfläche des Gußeisens ist, desto besser widersteht es dem Rosten; Spiegeleisen rostet schwerer als weißes körniges Roheisen, dieses schwerer als graues Kokes-Roheisen und letzteres wieder schwerer als graues Holzkohlen-Roheisen.

Nach Versuchen, die *Gruner* über das Verhalten verschiedener Eisen- und Stahlorten gegen feuchte Luft, Seewasser und angeäuertes Wasser in der ersten Hälfte der achtziger Jahre angestellt hat, verliert Gußeisen durch feuchte Luft im Laufe von 20 Tagen etwa 2^g für je 2^{qm} Oberfläche an Gewicht, Spiegeleisen weniger. Seewasser erweist sich namentlich für Spiegeleisen als ein kräftiges Lösungsmittel; auch angeäuertes Wasser wirkt ziemlich kräftig auf Gußeisen, kräftiger als auf Spiegeleisen und auf Stahl.

250.
Rostvermögen
aufw.

c) Schmiedeeisen.

1) Schmiedbares Eisen überhaupt.

In Art. 226 (S. 236) wurde bereits auseinandergesetzt, was im Vorliegenden unter Schmiedeeisen verstanden werden soll, sowie daß man es als Schweißeisen und Flußeisen zu unterscheiden hat. Aus dem dort Gefagten geht auch hervor, daß man das schmiedbare Eisen aus dem Roheisen durch einen Oxydationsprozeß herstellt, wobei Silicium, Mangan, Phosphor und Schwefel entfernt werden sollen und soviel Kohlenstoff entzogen wird, daß ein brauchbares Erzeugnis von bestimmtem Kohlenstoffgehalt entsteht.

251.
Gewicht;
Ausdehnung
und
Schmelzpunkt.

¹⁶⁰⁾ Siehe auch: Eisen-Kunstguß. Centralbl. d. Bauverw. 1884. S. 64.

Zunächst sollen die wichtigeren Eigenschaften, welche den beiden letztgenannten Eisenorten gemeinsam zukommen, vorgeführt und dann (unter 2 u. 3) jede derselben im besonderen betrachtet werden.

Über das Gewicht des Schmiedeeisens wurden bereits in Art. 238 (S. 244) die erforderlichen Angaben gemacht. Durch Kaltwalzen oder Kaltziehen wird die Dichtigkeit verringert; hingegen hat es den Anschein, als wenn bei der Bearbeitung im warmen Zustande die Dichtigkeit zunähme.

Nach den „Normalbedingungen ufw.“ ist das Eigengewicht für Schweißeisen zu 7800^{kg} und für Flußeisen zu 7850^{kg} für 1^{cbm} anzunehmen.

Über die Ausdehnung des Schmiedeeisens durch die Wärme ist in Art. 239 (S. 244) das nötige mitgeteilt. Sein Schmelzpunkt ist bei 2000 bis 2250 Grad C. zu suchen, liegt also wesentlich höher als beim Roheisen, was auf den geringeren Kohlenstoffgehalt zurückzuführen ist.

252.
Elastizität.

Die Elastizitätsziffer des Schmiedeeisens schwankt nach den von *Bornet, Brix, Duleau, Gerstner, Hodgkinson, Jenny, Kerpely, Kupffer, Lagerhjelm, Lovett, Tredgold, Wertheim, Wöhler* u. a. vorgenommenen Versuchen zwischen 1500 und 2764^t für 1^{qcm}, kann jedoch nach *Winkler* und nach *Mehrtens* im Mittel zu 2000^t für 1^{qcm} angenommen werden.

Die Elastizitätsgrenze für Zug und Druck wurde zwischen 1,03 und 3,31^t für 1^{qcm} gefunden und läßt sich nach *Winkler* im Mittel zu 1,65^t für 1^{qcm} ansetzen. Man nimmt wohl auch die Elastizitätsgrenze zu etwa $\frac{3}{8}$ der Festigkeitsziffer an.

253.
Zug-
festigkeit.

Schmiedeeisen hat infolge seines faserigen Gefüges stets eine größere Festigkeit in der Richtung der Fasern als senkrecht dazu. Nach *Tetmajer* ist beim Schweißeisen die Druckfestigkeit gleich der Zugfestigkeit, beträgt aber beim Flußeisen nur 95 Vomhundert der Zugfestigkeit.

Über die Zugfestigkeit des Schmiedeeisens wurden die weitaus meisten Versuche angestellt. *Bauschinger, Brunel, Brown, Burg, Clark, Fairbairn, Gouin, Jenny, Kerpely, Kirkaldy, Lagerhjelm, Martin, Meißner, Navier, Perronet, Seguin, Styffe, Telford, Thurston, Wöhler* u. a. haben solche vorgenommen; die von denselben gefundenen Mittelwerte schwanken zwischen den Grenzen 2110 und 7000^{kg} für 1^{qcm}. Man kann indes nach *Winkler* im Mittel für Stabeisen (gewalzt) 3800 und für Eisenblech in der Walzrichtung 3600, senkrecht zur Walzrichtung 3100^{kg} für 1^{qcm} annehmen.

Mehrtens nimmt die Zugfestigkeit der geringsten Sorte von Schweißeisen zu 2500^{kg}, jene der geringsten Sorte von Flußeisen zu 3500^{kg}, diejenige von gutem Stab- und Formeisen zu 3800^{kg}, diejenige von sehr gutem Schweißeisen, Flußeisen und Feinkorneisen (für Niete und Schrauben) zu 4000^{kg}, endlich jene von bestem, zähhartem Flußeisen zu 4500^{kg} für 1^{qcm} an.

Für beste Bleche beträgt nach *Mehrtens* die Zugfestigkeit in der Längsrichtung 3800^{kg} und in der Querrichtung 3600^{kg}, für bessere Bleche in der Längsrichtung 3600^{kg} und in der Querrichtung 3300^{kg}, für gewöhnliche Bleche in der Längsrichtung 3400^{kg} und in der Querrichtung 3000^{kg}, für Kaltenbleche in der Längsrichtung 3200^{kg} und in der Querrichtung 2800^{kg} für 1^{qcm}.

Über die Zugfestigkeit des Eilendrahtes haben insbesondere *Brix, Buffon, Dufour, Gerstner, Lamé, Muschenbroek, Seguin* und *Telford* Versuche angestellt, aus denen sich Mittelwerte von 3500 bis 9690^{kg} für 1^{qcm} bei Drahtdicken von 0,2 bis 6,0^{mm} Dicke ergeben. *Karmarsch* leitet aus besonderen Versuchen die folgenden Regeln ab, wenn *d* die Drahtdicke (in Millim.) bezeichnet:

	nicht geblüht:	geblüht:	
Gewöhnlicher Eifendraht	$4,58 + \frac{2,29}{d}$	$2,87 + \frac{0,64}{d}$	} Tonnen für 1 qcm.
Bester Eifendraht	$6,37 + \frac{1,59}{d}$	$3,31 + \frac{0,38}{d}$	

Nach *Mehrtens* beziffert sich die Zugfestigkeit des geblühten Eifendrahtes mit 4000 kg, jene des blanken und weichen, sowie des halbhartes Drahtes zu 5500 kg und diejenige des blanken, harten zu 6500 kg für 1 qcm.

Alle mechanischen Beimengungen des Schmiedeeisens, insbesondere ein Gehalt an Graphit oder Schlacke, wirken auf das Gefüge ungünstig, und da ihre Festigkeit kleiner ist als diejenige des Eisens, so vermindern sie auch seine Festigkeit. Aus diesen Gründen muß, selbst bei gleicher chemischer Zusammensetzung, das Flußeisen eine größere Festigkeit als das Schweißeisen aufweisen.

Die Zugfestigkeit wird durch alle Beimengungen, welche ein feinkörniges Gefüge erzeugen, erhöht, also namentlich durch Kohlenstoff, Mangan, Chrom und Wolfram, vorausgesetzt, daß die Menge dieser Stoffe ein gewisses Maß nicht überschreitet. Beim schmiedbaren Eisen beginnt diese Grenze für Kohlenstoff bei 1 Vomhundert, für Mangan bei 3 Vomhundert, für Chrom bei 1 Vomhundert und für Wolfram bei 6 Vomhundert.

Durch Beimengung von Silicium wird, wenigstens bis zu einer gewissen Grenze, die Festigkeit des Eisens vergrößert. Schwefel ist im schmiedbaren Eisen gewöhnlich in so geringer Menge vorhanden, daß seine Festigkeit bei niedrigen Temperaturen nicht nennenswert herabgemindert wird.

Den ungünstigsten Einfluß auf die Festigkeit übt der Phosphor aus; das Eisen wird dadurch kaltbrüchig, und die Einwirkung ist um so nachteiliger, je mehr Kohlenstoff das Eisen besitzt. Beim Flußeisen äußert sich der schädliche Einfluß mehr als beim Schweißeisen, weil der Phosphor beim letzteren bis zu 0,1 Vomhundert in der Schlacke enthalten ist und nicht im Eisen selbst. Der Höchstbetrag des Phosphorgehaltes ist beim Flußeisen 0,2 Vomhundert und beim Schweißeisen 0,4 Vomhundert.

Die zunehmende Erwärmung verringert die Festigkeit des Schmiedeeisens; durch Kälte wird sie nicht vermindert.

Daß sorgfältige Beobachtungen und Untersuchungen zu dem Ergebnis geführt haben, eine nachteilige Einwirkung von langer Zeit hindurch fortgesetzten Spannungswechseln auf das Schmiedeeisen sei in keiner Weise erwiesen, wurde bereits früher gesagt¹⁶¹⁾.

Das Maß der Zähigkeit wird zugleich mit der Zugfestigkeit bestimmt. Wird ein Eisenstab in seiner Längenrichtung einem Zuge ausgesetzt, so wird seine Länge größer, oder, wie man sagt, er dehnt sich. Dabei vermindert sich seine Querschnittsabmessung, welche sich an einer bestimmten Stelle um so auffälliger zeigt, je größer die Zugkraft wird; es kommt eine sog. Kontraktion oder Einschnürung zum Vorschein, welche unmittelbar vor dem Bruche ihr Höchstmaß erreicht. Die Ansichten der Fachmänner darüber, ob man die Zähigkeit nach der Größe der Dehnung oder nach der Größe der Einschnürung bemessen soll, sind, wie bereits in Art. 228 (S. 238) gesagt wurde, geteilt. In der an gleicher Stelle angeführten, vom Verbands deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine 1878 herausgegebenen „Denkschrift usw.“ wurde die Einschnürung des Zerreißungsquerschnittes (in Prozenten des ursprünglichen Querschnittes) zugrunde gelegt; in den „Normal-

254.
Zähigkeit.

¹⁶¹⁾ Siehe auch: Einfluß wiederholter Belastung auf die Festigkeit des Eisens. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 175.

bedingungen usw.“ hingegen ist die Dehnung (in Prozenten der ursprünglichen Länge) als maßgebend eingeführt.

Nach *Mehrtens* beträgt die Dehnung für 200^{mm} Länge: für die geringste Sorte von Schweißeißen 5, für die geringste Sorte von Flußeisen 35, für gutes Stab- und Formeißen 20, für sehr gutes Schweißeißen, Flußeisen, Feinkorneisen (für Nieten und Schrauben) 25, für bestes zähhartes Flußeisen 30, für beste Bleche in der Längsrichtung 25 und in der Querrichtung 18, für bessere Bleche in der Längsrichtung 14 und in der Querrichtung 8, für gewöhnliche Bleche in der Längsrichtung 10 und in der Querrichtung 5, für Kastenbleche in der Längsrichtung 6 und in der Querrichtung 3 Vomhundert.

Große Zähigkeit und große Festigkeit fallen im allgemeinen nicht zusammen. Eisen von großer Zähigkeit besitzt nur mittlere Festigkeit, und Eisen von großer Festigkeit nur ein geringes Maß von Zähigkeit. Beim reinsten Eisen ist die Zähigkeit am größten; fremde Beimengungen vermindern die Zähigkeit. Am nachteiligsten ist auch hier das Vorhandensein von Phosphor, der das Eisen spröde macht, und zwar um so spröder, je mehr Kohlenstoff es enthält.

Bei zunehmender Temperatur nimmt die Dehnbarkeit des Schmiedeeisens zu, und zwar bis zu bedeutenden Hitzegraden (400 bis 500 Grad C.); bei noch weiterer Erhitzung nimmt sie wieder ab. Kälte verringert die Zähigkeit.

Die Zähigkeit des Schweißeisens ist meist größer als diejenige des Flußeisens. Das erstere besitzt nämlich ein ausgesprochen fehniges Gefüge, so daß bei einer Zugbeanspruchung sich anscheinend jede Sehne für sich dehnt; infolgedessen reißt oder bricht Schweißeißen niemals plötzlich. Das Flußeisen hat ein mehr körniges Gefüge, so daß ein Bruch stets plötzlich erfolgt. Bei gleicher chemischer Zusammensetzung scheint Flußeisen (also schlackenfrei) eine größere Zähigkeit zu besitzen als Schweißeißen; da aber ersteres meist beträchtliche Mengen von Mangan und Silicium enthält, so wird durch diesen Umstand seine Zähigkeit nachteilig beeinflusst.

Die Druckfestigkeit läßt sich bei einem so zähen Material, wie es das Schmiedeeisen ist, wegen der allmählichen Ausbauchung und Anschwellung der Probestücke unter dem Drucke schwierig genau bestimmen.

Von englischen Fachmännern wird die Druckfestigkeit des Schmiedeeisens zu 2530 bis 3160 kg für 1^{qcm} angegeben; *Rondelet* setzt 4950 kg an. *Kirkaldy's* Versuche, welche mit Zylindern, deren Höhe gleich dem 2-, 4- und 8-fachen Durchmesser waren, angestellt wurden, ergaben im Mittel bezw. 10900, 7700 und 5800 kg Druckfestigkeit für 1^{qcm}. Nach den älteren Versuchen kann man die Druckfestigkeit ungefähr zu $\frac{7}{8}$ der Zugfestigkeit annehmen.

Auch über die Biegungs- und Abscherfestigkeit des Schmiedeeisens liegen nicht viele Versuche vor. Nach jenen von *Kirkaldy* beträgt die Biegungsfestigkeit 810 bis 1350, im Mittel 1080 kg für 1^{qcm}, die Abscherfestigkeit 3190 bis 5500, im Mittel 4510 kg für 1^{qcm}. Indes wird der Koeffizient der Biegungsfestigkeit durch die Querschnittsform beeinflusst; für I-Träger kann man nach *Winkler* diese Ziffer jener für Zugfestigkeit gleichsetzen.

Die Festigkeitsziffer für Abscheren beträgt nach *Winkler* nahezu $\frac{4}{5}$ der Festigkeitsziffer für Zug. Nach *Mehrtens* ist die Biegungsfestigkeit beim Schweißeißen um 2,5 Vomhundert, beim Flußeisen um 14 Vomhundert geringer als die Zugfestigkeit.

Schmiedeeisen widersteht dem Rollen um so mehr, je dichter und glatter seine Oberfläche, namentlich seine Walzhaut ist; indes ist sein Widerstand wesen-

255.
Druck-,
Biegungs-
und Scher-
festigkeit.

256.
Rollvermögen.

lich geringer als der des Roheisens; selbst Stahl ist in der Regel etwas widerstandsfähiger. Ob bei Schweißisen oder bei Flußeisen die Rostneigung größer ist, ist noch nicht festgestellt; die Verschiedenheit der Beimengungen und die Beschaffenheit der Oberfläche scheinen einen großen Einfluß auszuüben.

Das Schmiedeeisen kommt im Handel in außerordentlich verschiedenen Formen und Abmessungen vor. Stabeisen, Blech, Draht, Nägel, Drahtstifte, Nieten und Schrauben sind die Haupterzeugnisse. Das Stabeisen wird wieder unterschieden in 1) Stangeneisen: Rundeisen, Vierkanteisen, Flacheisen und Bandeisen; 2) Formeisen, wozu die Stabeisen mit weniger einfachem Querschnitt gehören, und 3) Profileisen. Von den letztgenannten drei Handelsorten wird im folgenden unter 4 u. 5 und von den übrigen Schmiedeeisen-Erzeugnissen unter 6 u. 7 die Rede sein.

257.
Schmiedeeisen-
erzeugnisse.

2) Schweißisen.

Das Schweißisen wird im teigigen Zustande durch das Herdfrisch- oder durch das Puddelverfahren hergestellt; es ist nicht schlackenfrei.

258.
Eigenschaften.

In älterer Zeit, als man das Roheisen noch nicht kannte, wurde das schmiedbare Metall durch das sog. Rennverfahren erzeugt, d. h. es fand eine unmittelbare Reduktion der Erze mittels Holzkohlen statt. Dieser Vorgang hörte fast ganz auf, als man die Gewinnung des Roheisens im Hohofen kennen gelernt hatte; von da an wurden Schmiedeeisen und Stahl aus Roheisen hergestellt.

Um das Roheisen in Schweißisen zu verwandeln, muß ihm Kohlenstoff entzogen werden; dies geschieht: α) durch das Frischen oder Frischverfahren und β) durch das Flammofenfrischen oder Puddeln.

Ersteres besteht darin, daß man den Kohlenstoff durch Oxydation des schmelzenden Roheisens mittels atmosphärischer Luft oder anderer Sauerstoff abgebender Körper abscheidet.

Beim Puddelverfahren wird das Roheisen im Flammofen mit Steinkohle geschmolzen; Kohle und Eisen liegen im Ofen voneinander gefondert, und das Frischen des Eisens wird nur durch die aus der Steinkohle entwickelte Flamme hervorgebracht.

Bei beiden Verfahren bildet das Enderzeugnis eine teigige, reich mit Schlacke durchsetzte Eisenmasse. Diese muß durch Hämmern, Walzen ufw. zu einem kompakten Stücke verarbeitet und hierauf noch einem Raffinations- (Schweiß-) Prozeß unterworfen werden, um zum brauchbaren Handelserzeugnis zu werden.

Das Schweißisen läßt sich schmieden und schweißen, aber nicht merklich härten. Es läßt sich zu Blechen und Stäben auswalzen oder zu Draht ausziehen, wodurch Blech-, Walz- oder Stabeisen, auch Vierkant-, Rund-, Flach-, Form-, Profil-, Bandeisen ufw., endlich Walzdraht oder Zugdraht entstehen. Will man das Material ganz genau bezeichnen, so kann man von Schweißisenblech, Schweißisendraht ufw. sprechen.

Nach den „Normalbedingungen ufw.“ soll das Schweißisen dicht, gut stauch- und schweißbar, weder kalt- noch rotbrüchig, noch langgriffig sein, eine glatte Oberfläche zeigen und darf weder Kantenrisse noch offene Schweißnähte oder sonstige unganze Stellen haben.

Das durch Renn-, Herdfrisch- oder Puddelverfahren erzeugte Schweißisen ist meist frei von Phosphor, oder es ist nur eine sehr geringe, unschädliche Menge davon vorhanden.

Dies wird in einfacher Weise dadurch erreicht, daß man den Herd, bezw. die Wände des Ofens aus Eisen herstellt und mit Eisenoxyd besetzt und die anfangs sich bildende kieselensäurereiche Schlacke entfernt; der Phosphor fondert sich dabei aus dem Roheisen in ausreichendem Maße (bis zu $\frac{1}{5}$ seiner urfrüherlichen Menge) ab.

Durch die schon mehrfach erwähnte „Denkschrift ufw.“ des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine wurde im Jahre 1878 für die ver-

259.
Ältere Wert-
bestimmung.

chiedenen Sorten von Schweißeißen, unter Zugrundelegung von *Bauschinger'schen* Versuchen, die nachfolgende vergleichende Wertbestimmung feststellt.

Stabeisen.

Qualität I: Mindest-Zerreißfestigkeit	3800 kg für 1 qcm.
Mindest-Zufammenziehung des Zerreiungsquerchnittes in Prozenten des urprnglichen Querchnittes, also Maß der Zähigkeit	40 Vomhundert.
Qualität II: Mindest-Zerreißfestigkeit	3500 kg für 1 qcm.
Mindest-Zufammenziehung des Zerreiungsquerchnittes in Prozenten des urprnglichen Querchnittes, also Maß der Zähigkeit	25 Vomhundert.

Eisenblech.

Qualität I. a) In der Walzrichtung:	
Mindest-Zerreißfestigkeit	3600 kg für 1 qcm.
Mindest-Zufammenziehung des Zerreiungsquerchnittes in Prozenten des urprnglichen Querchnittes, also Maß der Zähigkeit	25 Vomhundert.
b) Quer zur Walzrichtung:	
Mindest-Zerreißfestigkeit	3200 kg für 1 qcm.
Mindest-Zufammenziehung des Zerreiungsquerchnittes in Prozenten des urprnglichen Querchnittes, also Maß der Zähigkeit	15 Vomhundert.
Qualität II. a) In der Walzrichtung:	
Mindest-Zerreißfestigkeit	3300 kg für 1 qcm.
Mindest-Zufammenziehung des Zerreiungsquerchnittes in Prozenten des urprnglichen Querchnittes, also Maß der Zähigkeit	15 Vomhundert.
b) Quer zur Walzrichtung:	
Mindest-Zerreißfestigkeit	3000 kg für 1 qcm.
Mindest-Zufammenziehung des Zerreiungsquerchnittes in Prozenten des urprnglichen Querchnittes, also Maß der Zähigkeit	9 Vomhundert.

Stabeisen und Eisenblech dürfen sich nach dem Zerreißen weder ungan noch an der Oberfläche brüchig zeigen.

Materialien von geringerer Festigkeit oder Zähigkeit als einer der festgesetzten Mindestwerte würden überhaupt nicht zu klassifizieren sein.

Gegenwärtig werden in der Regel die Wertziffern zugrunde gelegt, welche die „Normalbedingungen usw.“ als unterste zulässige Grenze festsetzen. Danach müssen bei Zerreißproben betragen:

1) Bei Flacheisen, Formeien (Winkel-, Rund-, Vierkant- und Trgereifen: **I**-, **E**-, **Z**-, **T**- und ähnlichen Walzeisen) und bei solchen Blechen, welche im wesentlichen nur in der Längsrichtung beansprucht werden,

α) Zugfestigkeit in der Längsrichtung, wenn Dicke beträgt:

a) 1 cm oder weniger 3600 kg für 1 qcm,

b) mehr als 1 cm bis einschl. 1,5 cm 3500 kg „ „

c) mehr als 1,5 cm bis einschl. 2,5 cm 3400 kg „ „

β) die Dehnung bis zum Bruche in allen Fällen 12 Vomhundert.

2) Bei Blechen mit ausgesprochener Längsrichtung, welche vorwiegend Biegunspannungen aufzunehmen haben (z. B. bei Stegblechen von Blechträgern),

α) Zugfestigkeit in der Längsrichtung 3500 kg für 1 qcm,

β) Dehnung 10 Vomhundert,

γ) Zugfestigkeit in der Querrichtung 2800 kg für 1 qcm,

δ) Dehnung 3 Vomhundert.

3) Bei Blechen ohne ausgesprochene Längsrichtung, welche vorwiegend durch Spannungen in verschiedenen Richtungen beansprucht sind (z. B. bei Anschlublechen),

- α) Zugfestigkeit in der Hauptwalzrichtung 3500 kg für 1 qcm,
 β) Dehnung 10 Vomhundert,
 γ) Zugfestigkeit in der Querrichtung 3000 kg für 1 qcm,
 δ) Dehnung 4 Vomhundert.
- 4) Bei Eifen für Niete, Schrauben u. dergl. bis zu $2\frac{1}{2}$ cm einschl. Durchmesser
- α) Zugfestigkeit in der Längsrichtung 3800 kg für 1 qcm,
 β) Dehnung 18 Vomhundert;
- von mehr als $2\frac{1}{2}$ bis einschl. 4 cm Durchmesser
- α) Zugfestigkeit 3600 kg für 1 qcm,
 β) Dehnung 15 Vomhundert.
- 5) Bei *Zorès*-Eifen
- α) Zugfestigkeit 3300 kg für 1 qcm,
 β) Dehnung 6 Vomhundert.

Wenn mit Flacheifen, Formeifen oder Blechen Biegeproben vorgenommen werden, so müssen nach den „Normalbedingungen usw.“ Längsstreifen über eine Rundung von 13 mm Halbmesser winkelförmig gebogen werden können, ohne daß sich an der Biegungsstelle ein Bruch im Eifen zeigt.

Der Winkel α , welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, beträgt:

für Biegung in kaltem Zustande

$\alpha = 50$ Grad	bei Eifendicken von	8 bis 11 mm,
$\alpha = 35$ „	„	12 „ 15 „
$\alpha = 25$ „	„	16 „ 20 „
$\alpha = 15$ „	„	21 „ 25 „ ;

für Biegung in dunkelkirschrotem Zustande

$\alpha = 120$ Grad	bei Eifendicken bis zu 25 mm,
$\alpha = 90$ „	über 25 „

Sollen Winkeleifen, Flacheifen oder Bleche Ausbreitproben unterzogen werden, so muß nach den „Normalbedingungen usw.“ ein auf kaltem Wege von den genannten Stücken abgetrennter, 30 bis 50 mm breiter Streifen im rotwarmen Zustande mit der parallel zur Faser geführten, nach einem Halbmesser von 15 mm abgerundeten Hammerfinne bis auf das $1\frac{1}{2}$ fache seiner Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren einer Trennung im Eifen zu zeigen.

Mit Nieteifen werden Biege- und Stauchproben vorgenommen. Nach den „Normalbedingungen usw.“ soll Nieteifen kalt gebogen und mit dem Hammer zusammengeschlagen eine Schleife mit einem lichten Durchmesser gleich dem halben Durchmesser des Rundeisens bilden können, ohne Spuren einer Trennung im Eifen zu zeigen. Ein Stück Nieteifen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf ein Drittel der Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

3) Flußeifen.

Mehrfach wurde bereits gesagt, daß man unter Flußeifen das im flüßigen Zustande nach dem *Bessemer*-, *Thomas*- oder *Martin*-Verfahren hergestellte, schlackenfreie Hüttenerzeugnis zu verstehen hat. Je nach der Darstellungsweise gebraucht man die Bezeichnungen (laures) *Bessemer*-Flußeifen, (basisches) *Thomas*-Flußeifen, sowie laures und basisches *Martin*-Flußeifen. Auch kann man die Form der Flußeifen-Erzeugnisse kennzeichnen, indem man die Benennungen Flußeifenblech, Flußeisendraht usw. gebraucht.

Der Phosphorgehalt des Roheisens bestimmt die Art, wie das im Konverter oder im *Martin-Siemens*-Ofen durchzuführende Verfahren vor sich gehen muß. Hat man ganz oder nahezu phosphorfreie Roheifen, so wird in beiden Fällen der Prozeß sauer, im gegenteiligen Falle basisch geführt, d. h. es richtet sich hiernach das Ausfütterungs-, bzw. Ausmauerungsmaterial der Konverter oder der Öfen.

261.
Biegeproben.

262.
Ausbreit-
proben.

263.
Prüfung
des
Nieteisens.

264.
Eigenchaften.

Beim lauren oder *Bessemer*-Verfahren wird geschmolzenes Roheisen durch Einführen von Luft in Flußeisen umgewandelt. Das *Martin*-Verfahren besteht darin, daß man im Flammofen durch Mischung von Schmiedeeisen mit flüßigem (weißem oder grauem) Roheisen Flußmetall erzeugt; da aber dieser Vorgang erst dann gute Erzeugnisse lieferte, als man die von *C. W. & F. Siemens* erfundene Regeneratorfeuerung in Anwendung brachte, nennt man ihn auch *Martin-Siemens*-Verfahren.

Durch die genannten Verfahren kann man nur dann ein phosphorfrees Flußmetall hervorbringen, wenn man ein reines, siliciumhaltiges Roheisen, das sog. *Bessemer*-Roheisen, benutzt. Beim basischen oder *Thomas*-Verfahren, welches von *Thomas* und *Gilchrist* herrührt, geschieht die Erzeugung von genügend phosphorfrem Flußmetall durch Anwendung feuerfester basischer Ziegel als Futter¹⁰⁹⁾; der Grundgedanke dieses Vorganges beruht überhaupt darauf, daß man eine basische Schlacke zu erzielen trachtet, also eine Schlacke, welche nicht zu viel Kieselsäure (höchstens 20 Vomhundert) enthält und nicht zu viel Phosphorsäure (höchstens 12 Vomhundert) aufzunehmen braucht.

In der zweiten Hälfte der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts übertrug man den basischen Vorgang des *Thomas*-Verfahrens auf das bis dahin saure *Martin*-Verfahren und erzeugte nunmehr auch basisches *Martin*-Eisen.

Bei allen diesen Verfahren ist die Temperatur, unter welcher die Herstellung der gewünschten Eisenorte geschieht, bis zum Schlusse eine so hohe, daß selbst das weichste schmiedbare Eisen, dessen Schmelzpunkt sehr hoch liegt, im geschmolzenen Zustande erhalten wird. Da nun Eisen und Schlacke verschiedenes Eigengewicht haben, erfolgt in der feurig-flüßigen Masse eine vollständige Trennung der beiden, so daß meist ein schlackenfreies Erzeugnis von homogener Struktur entsteht.

Wenn das Roheisen im Puddelofen verarbeitet wird, so entsteht, wie früher bereits gesagt, Schweiß Eisen, welches eine ähnliche Beimengung an Kohlenstoff hat, wie Flußeisen, sich aber von diesem infolge seiner gänzlich verschiedenen Erzeugungsweise — es geht während des Puddelns nicht in einen flüßigen Zustand über, sondern erweicht nur zu einer teigigen Masse — durch andere Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften unterscheidet.

Auf letztere übt der Kohlenstoffgehalt den bestimmenden Einfluß aus, und zwar wird das Flußmetall davon in so empfindlicher Weise beeinflußt, daß sehr geringe Änderungen schon große Unterschiede in den genannten Eigenschaften hervorrufen. Mit wachsendem Kohlenstoffgehalt nimmt die Festigkeit zu und die Zähigkeit ab.

Flußeisen besitzt eine größere Festigkeit und eine höhere Streckgrenze als Schweiß Eisen, so daß es bei gleichem Sicherheitsgrade höher als letzteres beansprucht werden kann. Indes darf man in dieser Beziehung nicht zu weit gehen. Man kann allerdings Flußmetall herstellen, welches man doppelt so stark beanspruchen könnte als Schweiß Eisen; allein ein solches Metall enthält bereits so viel Kohlenstoff, daß es härter ist und alle jene gefährlichen Eigenschaften zeigt, die sich der Berechnung entziehen. Deshalb verwende man für die Baukonstruktionen kein hartes Metall, sondern weiches, zähes Flußeisen, welches 4000 bis 4200 kg Zugfestigkeit für 1 qcm besitzt und 25 bis 30 Vomhundert Dehnung aufweist; ein solches Metall gestattet eine Beanspruchung, die etwa um $\frac{1}{4}$ höher ist als diejenige des Schweiß Eisens. Für Preußen hat der Minister der öffentlichen Arbeiten 1897 angeordnet, daß für diejenigen Bauteile von Bahnteighallen und eisernen Dachbindern, deren Querschnittsgröße durch das Eigengewicht und den Schneedruck allein bedingt ist, eine Beanspruchung des Flußeisens mit 1200 kg für 1 qcm zu wählen ist; bei denjenigen Teilen, deren größte Spannung bei gleichzeitiger ungünstigster Wirkung des Eigengewichtes, der Schneelast und des Winddruckes

¹⁰⁹⁾ Die basischen Stoffe für die Erzeugung solcher Futter sind gegenwärtig meist Chromeisenstein, togebrannter Dolomit und Teer, Magnesit.

stattfindet, ist eine Beanspruchung von 1600 kg für 1 qcm zuzulassen. Bei Schweiß-eisen sind diese Werte um 10 Vomhundert zu ermäßigen.

Das Flußeisen wird allerdings um so weicher, je weniger Kohlenstoff es enthält; allein es verringert sich dabei nicht bloß seine Festigkeit, sondern Flußeisen von zu kleinem Kohlenstoffgehalt wird rotbrüchig. Sonach ist Flußeisen, welches zu Baukonstruktionen verwendet werden soll, nicht bloß auf seine Weichheit, sondern auch auf Rotbrüchigkeit zu prüfen¹⁶³⁾.

Das Flußeisen soll, wenn es für Baukonstruktionen bestimmt ist, nach den „Normalbedingungen usw.“ eine glatte Oberfläche ohne Schiefer und Blasen zeigen und darf weder Kantenrisse noch unganze Stellen haben.

Das Flußeisen läßt sich schmieden; dabei werden besonders die oberen und unteren Schichten verdichtet, und bei zu geringem Hammergewicht wird das Material verdorben. Durch das Schweißen verliert das Flußeisen an Festigkeit; deshalb sollen Schweißungen tunlichst vermieden werden. Beim Pressen oder Walzen des Flußeisens erfolgt eine gleichmäßige Verdichtung desselben; das Eisen wird fester und zuverlässiger.

Bis in die neueste Zeit wurde auf dem Gebiete der Baukonstruktionen das saure *Martin*-Flußeisen dem *Thomas*-Flußeisen vorgezogen; dies dürfte wohl seinen Grund darin haben, daß das *Martin*-Verfahren 13 Jahre älter ist als die Erfindung der Entphosphorung in der *Bessemer*-Birne, und daß man die Überzeugung zu haben glaubte, es sei für den *Martin*-Betrieb leichter, fehlerhafte Sätze zu vermeiden, als dies beim Konverterbetrieb der Fall ist. Das saure *Martin*-Metall konnte daher ein weites Gebiet der Konstruktionen erobern, ehe das anfangs mit Widerwärtigkeiten kämpfende *Thomas*-Verfahren allgemeiner bekannt wurde. Gegenwärtig werden in Deutschland *Thomas*-Metall und basisches *Martin*-Metall als nahezu ebenbürtig angesehen.

In anderen Staaten, namentlich in Österreich, haben eine Anzahl vorgenommener vergleichender Prüfungen der verschiedenen Konstruktionsmaterialien zur Entscheidung veranlaßt, daß *Thomas*-Flußeisen für die Zwecke der Brückenbau-Konstruktionen auszuschließen sei.

Bezüglich der Anforderungen, die an ein zu Baukonstruktionen geeignetes Flußeisen zu stellen sind, können auch hier die „Normalbedingungen usw.“ als maßgebend angesehen werden.

Nach diesen soll, wenn Flußeisenstücke Zerreißproben unterzogen werden, für Material von 7 bis 28 mm Dicke betragen:

- in der Längsrichtung die Zugfestigkeit mindestens 3700, höchstens 4400 kg für 1 qcm; die Dehnung mindestens 20 Vomhundert;
- in der Querrichtung die Zugfestigkeit mindestens 3600, höchstens 4500 kg für 1 qcm; die Dehnung mindestens 17 Vomhundert;
- bei Niet- und Schraubenmaterial die Zugfestigkeit mindestens 3600, höchstens 4200 kg für 1 qcm; die Dehnung mindestens 22 Vomhundert.

Sind mit Flacheisen, Formeisen und Blechen Biegeproben vorzunehmen, so sind nach den „Normalbedingungen usw.“ sowohl Längs- als auch Querstreifen hellrotwarm zu machen, in Wasser von etwa 28 Grad C. abzuschrecken und dann so zusammenzubiegen, daß sie eine Schleife bilden, deren Durchmesser an der Biegestelle gleich ist: bei Längstreifen der einfachen, bei Querstreifen der doppelten Dicke des Veruchstückes. Hierbei dürfen an Längstreifen keine Risse entstehen; bei Querstreifen sind unwesentliche Oberflächenrisse zulässig.

Wenn dieselben Eisengattungen Rotbruchproben zu unterziehen sind, so soll ein im rotwarmen Zustande auf 6 mm Dicke und etwa 40 mm Breite abgeschmiedeter Probestreifen mit einem sich verjüngenden Lochstempel, der 80 mm lang ist und

265.
Verwendung
zu Bau-
konstruktionen.

266.
Zerreißproben.

267.
Biege- und
Rotbruch-
proben.

¹⁶³⁾ Siehe: WEYRICH. Das Flußeisen als Konstruktions-Material. Deutsche Bauz. 1890, S. 95, 107.

20^{mm} Durchmesser am dünnen, 30^{mm} am dicken Rande hat, im rotwarmen Zustande gelocht werden. Das 20^{mm} weite Loch soll dann auf 30^{mm} erweitert werden, ohne daß hierbei ein Einriß im Probefreifen entstehen darf.

268.
Prüfung
von
Niet- und
Schrauben-
eisen.

Niet- und Schraubenmaterial wird auch bei Flußeisen Biege- und Stauchproben unterworfen. Für Biegeproben sind nach den „Normalbedingungen ufw.“ Rundeisenstäbe hellrotwarm zu machen, in Wasser von etwa 20 Grad C. abzuschrecken und dann so zusammenzubiegen, daß sie eine Schleife bilden, deren Durchmesser an der Biegestelle gleich der halben Dicke des Versuchstückes ist; hierbei dürfen keine Risse entstehen. Ein Stück Schrauben- oder Nieteisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf ein Drittel seiner Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

269.
Gußwaren.

Aus Flußeisen lassen sich in fertiger Form Gegenstände (Maschinenbestandteile ufw.) durch Guß herstellen, wodurch Flußeisen-Gußwaren entstehen.

Die gegoffenen und gepreßten Flußeisenwaren von *Krupp* besitzen im allgemeinen die gleichen Festigkeitseigenschaften wie Walzflußeisen. Ihre Vorzüge dem Gußeisen gegenüber sind große Weichheit und Dehnbarkeit, Schmiedbarkeit und selbst Schweißbarkeit.

4) Rund-, Vierkant-, Band- und Formeisen.

270.
Stangeneisen.

Das Stangeneisen wird als Grobeisen und Feineisen unterschieden; nach *Karmarsh* liegt die Grenze bei etwa 7^{cm} Querschnittsfläche.

Das Stangeneisen wird in stärkeren Sorten einzeln gewogen und danach verkauft; schwächere Sorten werden in Bündeln oder Bänden (häufig zu 50^{kg}), mit einem eisernen Reifen zusammengebunden, gehandelt. Die Abmessungen sind indes sehr verschieden.

271.
Rund- und
Vierkanteisen.

α) Rund- und Vierkant-(Quadrat-)Eisen. Der zollvereinsländische Eisenhütten-Verein hat hierfür folgende Abstufungen (Skala) der Abmessungen aufgestellt:

Die Durchmesser, bezw. Dicken steigen

zwischen 5 mm bis 30 mm um je 1 mm,
" 31 mm " 80 mm " " 2 mm,
über 80 mm " " " " 5 mm.

Beim englischen Rundeisen steigen die Durchmesser

zwischen 1/8 bis 2 1/4 Zoll (3,2 bis 57,2 mm) um je 1/16 Zoll (1,6 mm),
" 2 3/8 " 4 1/4 " (60,3 " 108,0 mm) " " 1/8 " (3,2 mm),
" 4 1/2 " 7 " (114,3 " 177,8 mm) " " 1/4 " (6,4 mm).

Beim englischen Quadrateisen steigen die Dicken

zwischen 1/4 bis 2 Zoll (6,4 bis 50,8 mm) um je 1/16 Zoll (1,6 mm),
" 2 1/8 " 4 " (54,0 " 101,6 mm) " " 1/8 " (3,2 mm).

Für Rund- und Vierkanteisen bestehen auch folgende Normalien:

Dicke, bezw. Durch- messer	Gewicht		Dicke, bezw. Durch- messer	Gewicht										
	□	○		□	○		□	○		□	○		□	○
5	0,20	0,15	14	1,53	1,20	23	4,13	3,24	38	11,26	8,85	56	24,46	19,21
6	0,28	0,22	15	1,76	1,38	24	4,49	3,53	40	12,48	9,80	58	26,24	20,61
7	0,38	0,30	16	2,00	1,57	25	4,88	3,83	42	13,76	10,81	60	28,10	22,05
8	0,50	0,39	17	2,25	1,77	26	5,27	4,14	44	15,10	11,86	62	29,98	23,55
9	0,63	0,50	18	2,53	1,99	28	6,12	4,80	46	16,51	12,96	65	32,96	25,88
10	0,78	0,61	19	2,82	2,21	30	7,02	5,51	48	17,97	14,12	70	38,22	30,02
11	0,94	0,74	20	3,12	2,45	32	7,99	6,27	50	19,50	15,32	80	49,92	39,21
12	1,12	0,88	21	3,44	2,70	34	9,02	7,08	52	21,09	16,57	90	63,18	49,62
13	1,32	1,04	22	3,78	2,97	36	10,11	7,94	54	22,75	17,80	100	78,00	61,26
Millim.	Kilogr. für 1 Meter		Millim.	Kilogr. für 1 Meter		Millim.	Kilogr. für 1 Meter		Millim.	Kilogr. für 1 Meter		Millim.	Kilogr. für 1 Meter	

β) Flacheifen. Die vom genannten Eisenhütten-Verein aufgestellten Abstufungen (Skala) setzen fest:

272.
Flacheifen.

Die Breiten steigen

von	14 bis 40 mm	um je 2 mm,	Dicke nicht unter 3 mm,
"	42 " 70 mm	" " 2 oder 4 mm,	" " " 4 mm,
"	72 " 100 mm	" " 5 mm,	" " " 5 mm,
über	100	" " 5 mm,	" " " 7 mm.

Das englische Flacheifen hat folgende Abmessungen:

Dicke	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$ Zoll,	
	(6,4)	(9,6)	(12,8)	(16,0)	(19,2)	(22,2)	(25,4)	(28,6)	(31,8)	(35,0)	(38,2 Millim.)	
Breite	von	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$	3 Zoll,
		(12,7)	(19,2)	(25,4)	(31,8)	(38,1)	(44,6)	(50,8)	(57,2)	(63,5)	(70,0)	(76,2 Millim.)
	bis	6	9	12	15	16	14	15	13	12	11	10 Zoll,
	(152,0)	(228,6)	(304,8)	(381,0)	(406,4)	(355,6)	(381,0)	(330,2)	(304,8)	(279,4)	(254 Millim.)	

γ) Bandeifen. Vom gleichen Vereine sind folgende Abstufungen der Abmessungen aufgestellt worden:

273.
Bandeifen.

Die Breite steigt

von	12 mm	auf 14 mm	mit 1 mm,
zwischen	15 mm	bis 40 mm	" 2 mm,
"	42 mm	" 70 mm	" 2 oder 4 mm,
über	70 mm	"	5 mm.

Die Bandeifenlehre stellt sich nach diesen Gesetzen der Dicke nach wie folgt:

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Dicke	5,5	5,25	5	4,75	4,5	4,25	4	3,75	3,5	3,25	3	2,75	2,25	2,25	2	1,75	1,5	1,25 mm.

Die Nummern sind gegenüber der alten Lehre stärker, d. h. die alte Lehre hatte Nr. 5, wo die neue Lehre Nr. 1 hat; beide haben aber von Nr. 11 an gleichen Wert, weil in der neuen Lehre mehrere Nummern wegen der gefetzmäßigen Dickendifferenz eingefchoben sind.

Die englische Bandeifenlehre hiermit vereinigt, ergeben sich folgende Normalabmessungen:

Breite:	Dicke:	Engl. Lehre:	Breite:	Dicke:	Engl. Lehre:
13 bis 18 mm	1-fach = $1\frac{1}{4}$ mm =	Nr. 18	38 bis 44 mm	1-fach = 2 mm =	Nr. 14
	$1\frac{1}{2}$ " = 2 " =	" 14		$1\frac{1}{2}$ " = $2\frac{1}{2}$ " =	" $12\frac{1}{2}$
	2 " = $2\frac{1}{2}$ " =	" $12\frac{1}{2}$		2 " = 3 " =	" 11
	3 " = $3\frac{1}{2}$ " =	" 10		3 " = $3\frac{3}{4}$ " =	" $9\frac{1}{2}$
20 bis 24 "	1 " = $1\frac{1}{4}$ " =	" 18	46 bis 60 "	1 " = $2\frac{1}{4}$ " =	" 13
	$1\frac{1}{2}$ " = 2 " =	" 14		$1\frac{1}{2}$ " = $2\frac{3}{4}$ " =	" $11\frac{1}{2}$
	2 " = $2\frac{1}{2}$ " =	" $12\frac{1}{2}$		2 " = $3\frac{1}{2}$ " =	" 10
	3 " = $3\frac{1}{2}$ " =	" 10		3 " = $4\frac{1}{4}$ " =	" 8
26 bis 28 "	1 " = $1\frac{1}{2}$ " =	" 16	62 bis 70 "	1 " = $2\frac{1}{2}$ " =	" $12\frac{1}{2}$
	$1\frac{1}{2}$ " = $2\frac{1}{4}$ " =	" 13		$1\frac{1}{2}$ " = 3 " =	" 11
	2 " = $2\frac{3}{4}$ " =	" $11\frac{1}{2}$		2 " = $3\frac{3}{4}$ " =	" $9\frac{1}{2}$
	3 " = $3\frac{1}{2}$ " =	" 10		3 " = $4\frac{1}{2}$ " =	" $7\frac{1}{2}$
30 "	1 " = $1\frac{3}{4}$ " =	" 15	75 bis 90 "	1 " = $2\frac{3}{4}$ " =	" $11\frac{1}{2}$
	$1\frac{1}{2}$ " = $2\frac{1}{4}$ " =	" 13		$1\frac{1}{2}$ " = $3\frac{1}{2}$ " =	" 10
	2 " = $2\frac{3}{4}$ " =	" $11\frac{1}{2}$		2 " = $4\frac{1}{4}$ " =	" 8
	3 " = $3\frac{1}{2}$ " =	" 10		3 " = $5\frac{1}{4}$ " =	" 6
32 bis 36 "	1 " = $1\frac{3}{4}$ " =	" 15	90 bis 105 "	1 " = 3 " =	" 11
	$1\frac{1}{2}$ " = $2\frac{1}{4}$ " =	" 13		$1\frac{1}{2}$ " = $3\frac{3}{4}$ " =	" $9\frac{1}{2}$
	2 " = $2\frac{3}{4}$ " =	" $11\frac{1}{2}$		2 " = $4\frac{1}{4}$ " =	" $7\frac{1}{2}$
	3 " = $3\frac{1}{2}$ " =	" 10		3 " = $5\frac{1}{2}$ " =	" 5

Für Band- und Stangeneifen bestehen auch folgende Normalien:

d = Dicke, b = Breite (in Millim.)

$d =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	20	Millim.
b	Gewicht (in Kilogr.) für 1 lauf. Met.																	
25	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,17	1,37	1,56	1,76	1,95	2,15	2,34	2,54	2,73	2,93	3,12	3,90	
30	0,23	0,47	0,70	0,94	1,17	1,40	1,64	1,87	2,11	2,34	2,57	2,81	3,04	3,28	3,51	3,74	4,68	
35	0,27	0,55	0,82	1,09	1,40	1,64	1,91	2,18	2,46	2,73	3,00	3,28	3,55	3,82	4,10	4,37	5,46	

$d =$	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	Millim.
40	1,25	1,56	1,87	2,18	2,50	2,81	3,12	3,43	3,74	4,37	4,99	5,62	6,24	
45	1,40	1,76	2,11	2,46	2,81	3,16	3,51	3,86	4,21	4,91	5,62	6,32	7,02	
50	1,56	1,95	2,34	2,73	3,12	3,51	3,90	4,29	4,68	5,46	6,24	7,02	7,80	
55	1,72	2,15	2,57	3,00	3,43	3,86	4,29	4,72	5,15	6,01	6,86	7,72	8,58	
60	1,87	2,34	2,81	3,28	3,74	4,21	4,68	5,15	5,62	6,55	7,49	8,42	9,36	
65	2,03	2,54	3,04	3,55	4,06	4,56	5,07	5,58	6,08	7,10	8,11	9,13	10,14	
70	2,18	2,73	3,28	3,82	4,37	4,91	5,46	6,01	6,55	7,64	8,74	9,83	10,92	
75	2,34	2,93	3,51	4,10	4,68	5,27	5,85	6,44	7,02	8,19	9,36	10,53	11,70	
80	2,50	3,12	3,74	4,37	4,99	5,62	6,24	6,86	7,49	8,74	9,98	11,23	12,48	
85	2,65	3,32	3,98	4,64	5,30	5,97	6,63	7,29	7,96	9,28	10,61	11,93	13,26	
90	2,81	3,51	4,21	4,99	5,62	6,32	7,02	7,72	8,42	9,83	11,23	12,64	14,04	
95	2,96	3,71	4,45	5,11	5,93	6,67	7,41	8,15	8,89	10,37	11,86	13,64	14,82	
100	3,12	3,90	4,68	5,46	6,24	7,02	7,80	8,58	9,36	10,92	12,42	14,04	15,60	

Millim. | Kilogramm für 1 lauf. Met.

Der zweite österreichisch-ungarische Eisenberatungstag hat folgende Normalabmessungen des Stangeneisens aufgestellt:

Die Abmessungen des Rund-, Vierkant- und Flacheisens nehmen zu

von 5 bis 20 mm um 1 mm,
 „ 20 „ 50 mm „ 2 mm,
 „ 50 „ 100 mm „ 5 mm.

Kleinste Dicke für Rund- und Vierkanteifen 5 mm, größte Dicke 100 mm; für Flacheifen sind 10 mm und 100 mm Grenzwerte für die Breite; größte Dicke $\frac{1}{2}$ der Breite.

Stangeneifen wird gewöhnlich in Bündeln von 50 kg gebunden. Die bisherigen Bezeichnungen desselben: Schließen-, Radreif-, Stegreif-, Rahm-, Rahmlehreifeu ufw. — haben im Handel zu entfallen und ist daselbe nur nach Abmessungen zu bezeichnen, und zwar durch einen Bruch, dessen Zähler die Breite und dessen Nenner die Dicke angibt. Rundeifen ist durch einen vor die Durchmesserzahl gefetzten \circ und Vierkanteifen durch \square zu bezeichnen.

Die geringste und größte Breite des Bandeisens ist 10 und 100 mm; dieselbe nimmt um je 5 mm zu. Die geringste Dicke ist 1 mm und steigt von Zehner zu Zehner um 0,25 mm. Das Band-eisen wird für jede Breite in 4 Dicken erzeugt, welche gegen die geringste um je 0,5 mm zunehmen. Band-eisen wird wie Flacheifen bezeichnet. Die Normallänge von Stangeneifen ist 3 m.

274.
Formeifen, 9

δ) Formeifen, auch Falloneifen genannt. Die im Handel vorkommenden Formeifen haben, je nach dem beabachtigten Zwecke, eine sehr mannigfache Profilform erhalten; fast jedes Hüttenwerk erzeugt ihm eigentümliche Formeifen, und naturgemäß kann hier von einheitlichen Abstufungen der Abmessungen kaum die Rede sein. Aus gleichem Grunde wird solches Eisen auch nur nach Gewicht gehandelt.

Die gebräuchlichsten Formeifen sind die folgenden.

a) Halbrundeifen (Fig. 34 u. 35), mit halbkreisförmigem oder damit verwandtem Querschnitt; die schmalsten Halbrundeifen haben in der Regel 10 mm Dicke.

Fig. 34.



Fig. 35.



b) Fenstereifen, auch Sproffeneifen genannt (Fig. 36 bis 48), welche zur Herstellung von Fenstern, bei der Ausführung von Glashäusern, Deckenlichtern und zur Anfertigung einzelner Sproffen bei sonst aus Holz bestehenden Fenstern und Türen benutzt werden. Es gibt eine Unzahl verschiedenartiger Profile und beliebiger Abmessungen; man unterscheidet halbe und ganze Fenstereifen. Neuestens werden statt solcher Formeifen vielfach profilierte Stäbe aus Zinkblech mit oder ohne Eifenkern benutzt.

Fig. 36.



Fig. 37.



Fig. 38.

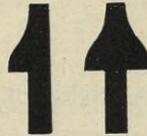


Fig. 39.

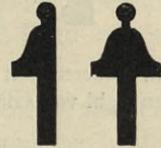


Fig. 40.



Fig. 41.



Fig. 42.



Fig. 43.



Fig. 44.



Fig. 45.



c) Geländereifen (Fig. 49 bis 55), welche vorzugsweise zur Herstellung von Handleiften und sonstigen Geländerteilen für Terrassen, Balkone, Treppen usw. benutzt werden. Sie bekommen häufig ähnliche Formen wie die Holzleiften, was indes der Struktur des Materials nicht ganz entspricht und wodurch sie auch ein großes Gewicht erhalten. Man hat deshalb mit Vorteil hohle und abgeplattete Ringsegmentprofile angewendet; doch kommen auch abgeplattete Rundeifen, Flacheifen usw. vor.

Fig. 46.



Fig. 47.



Fig. 48.



Für Handleifteneifen (Fig. 50 u. 55) haben der Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine und der Verein deutscher Ingenieure im Jahre 1881 die nachstehenden Normalprofile aufgestellt:

Fig. 49.



Fig. 50.



Fig. 51.



Fig. 52.]



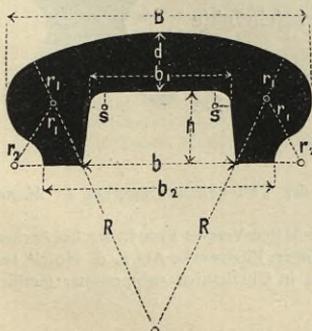
Fig. 53.



Fig. 54.



Fig. 55.

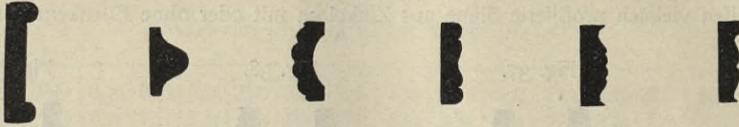


Nr. des Profils	Hauptabmessungen				Querschnittsfläche	Gewicht für 1 m
	B	Höhe H	b	h		
4	40	18	20	10	4,2	3,3
6	60	27	30	15	9,4	7,36
8	80	36	40	20	16,7	13,0
10	100	45	50	25	26,1	20,4
12	120	54	60	30	37,5	29,3
Millimeter					Quadr.-Zentim.	Kilogr.

- $R = B$
- $H = 0,45 B$
- $d = 0,2 B$
- $b = 0,5 B$
- $h = 0,25 B$
- $r_1 = 0,15 B$
- $r_2 = 0,1 B$
- $\rho = 0,05 B$
- $b_1 = 0,45 B$
- $b_2 = 0,75 B$

δ) Zierleifteisen (Fig. 56 bis 61). Diese dienen im wesentlichen zu dekorativen Zwecken; die Profilabmessungen der am meisten im Handel vorkommenden Eisen dieser Art dürften zwischen 18×8 mm und 28×10 mm gelegen sein.

Fig. 56. Fig. 57. Fig. 58. Fig. 59. Fig. 60. Fig. 61.



In neuerer Zeit werden auch Zierleifteisen hergestellt, welche glatte Gefimfe mit einer größeren Zahl von Gliedern bilden, desgleichen solche, welche im Auswalzen zu skulptierten Gefimfs-

Fig. 62.

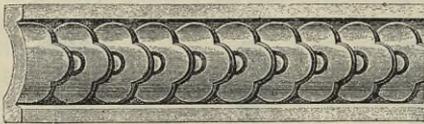


Fig. 64.

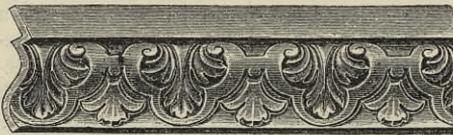


Fig. 66.

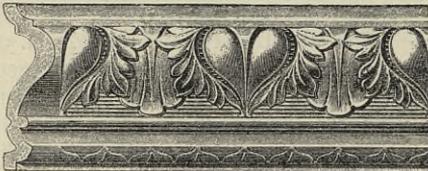


Fig. 63.

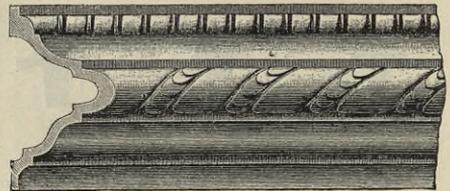
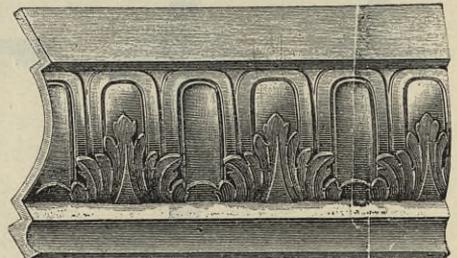


Fig. 65.



gliedern gepreßt werden. Solche Gefimfsteile haben 2 bis 5 mm Wanddicke, und es erscheint die Skulptierung, die ein mäßig hohes Relief aufweist, in Form einer Reihung oder Wechselreihung von Blättern, Rosetten, Scheiben, Perlen, Pyramiden, verschlungenen Flachranken, Bandgeflechten, Mäandern usw. Früher wurden solche Stäbe nur sehr schmal und in ganz flachem Relief ausgewalzt; jetzt werden sie auch in größerer Breite, bis zu 20 und 25 cm, mit weit kräftigerem Relief und viel schärferer Modellierung erzeugt (Fig. 62 bis 66¹⁰⁴).

e) Kreuzleifteisen (Fig. 67¹⁰⁵), deren Anwendung heutzutage eine beschränkte ist und die den Übergang zu den eigentlichen Walzeisen bilden.

f) Endlich sei noch der Gruben- und Eisenbahnschienen gedacht, welche teils im gebrauchten, teils im neuen Zustande vielfach zu Trägern usw. benutzt werden.

Fig. 67.



¹⁰⁴ Die in Fig. 62 bis 65 dargestellten Ziereisen sind dem Musterbuch des Falfoneisenwalzwerkes *L. Mannstädt & Co.* in Kalk bei Köln entnommen und gesetzlich geschützt.

¹⁰⁵ Fig. 34, 36 bis 38, 43, 49 u. 53 sind dem Profilbuch des „Aachener Hütten-Aktien-Vereins Rote Erde“ bei Aachen, Fig. 35, 39 bis 42, 44, 45, 50 bis 54, 56 bis 61 u. 67 dem Profilbuch der „Lothringer Eisenwerke Ars a. d. Mosel“ und Fig. 46 bis 48 dem Profilbuch der „Aktiengesellschaft für Eisenindustrie“ zu Styrum in Oberhausen entnommen, sämtlich in $\frac{1}{2}$ w. Gr. dargestellt.

5) Profileisen.

Auch die im nachstehenden vorzuführenden **L**-, **T**-, **E**-, **I**-, **Z**-, Belag- und Quadranteisen sind zu den vorerwähnten Formeisen zu zählen; im vorliegenden sollen sie indes, wie dies in neuerer Zeit immer gebräuchlicher wird, Profileisen genannt werden, obwohl auch diese Bezeichnung nicht ganz zutreffend ist, da einige der bereits vorgeführten Handelsorten mit dem gleichen Namen belegt werden können. Aus gleichem Grunde ist die sonst auch übliche Bezeichnung „Walzeisen“ nicht kennzeichnend genug. Die **T**-, **I**-, **E**-, und **Z**-Eisen werden bisweilen Trägereisen heißen.

275.
Normalprofile.

Seit langem war es das Bestreben der Fachmänner, für die Walzeisen fachgemäße Profilmormen aufzustellen, wodurch Erzeuger und Verbraucher in die Lage verletzt würden, statisch günstige Profileisenformen bei möglichst geringem Materialaufwand und tunlichst erleichterter Fabrikation zu erzeugen, bzw. in Anwendung zu bringen. Der österreichische Ingenieur- und Architektenverein stellte bereits im Jahre 1865 „Typen für gewalzte Eisenträger“ auf, welche später (1877) durch Umrechnung des früheren Maßes in das metrische Maß und Gewicht einige Abänderungen¹⁶⁶⁾ erfahren haben; am Ende des Jahres 1881 wurden von diesem Verein „Neue Typen für gewalzte Träger und einige andere Walzeisenorten“ und im Jahre 1892 „Typen für Walzeisen“ aufgestellt¹⁶⁷⁾. In Deutschland hat eine hierzu beauftragte Kommission von Fachmännern in den Jahren 1879–83 die im nachstehenden mitgeteilten „Deutsche Normalprofile für Walzeisen“ vorgeschlagen; sie wurden vom Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine, vom Verein deutscher Ingenieure und vom Technischen Verein für Eisenhüttenwesen gutgeheißen und angenommen¹⁶⁸⁾. Infolgedessen sind diese Profile im Jahre 1881 in einem „Deutschen Normalprofil-Buch für Walzeisen“¹⁶⁹⁾ niedergelegt worden.

Die Einführung der „Deutschen Normalprofile“ hat bereits günstige Fortschritte gemacht. Der deutsche Reichskanzler sowohl, als auch der preußische Minister der öffentlichen Arbeiten haben im ersten Halbjahr 1881 die Anordnung getroffen, daß diese Profile im Interesse der Eisenindustrie bei vorkommenden Fällen in Anwendung zu bringen sind, soweit nicht durch die Eigentümlichkeit einzelner Konstruktionen und Kombinationen andere Profilformen notwendig werden. Auch die Kaiserl. Marineadmiralität und zahlreiche deutsche Regierungen haben Verfügungen in ähnlichem Sinne erlassen.

Ebenso haben die deutschen Walzwerke sofort die größte Bereitwilligkeit zur Herstellung der „Deutschen Normalprofileisen“ ausgesprochen und den größten Teil ihrer Walzen dementsprechend umgeändert. Im Juli 1886 wurden tatsächlich von den 185 festgestellten Normalprofilen bereits 183 erzeugt.

¹⁶⁶⁾ Siehe die Zeitschrift dieses Vereines 1865, S. 14 und 1877, S. 18.

¹⁶⁷⁾ Siehe ebendaf. 1882, S. 7; 1892, S. 648.

¹⁶⁸⁾ Siehe über die bezüglichen Verhandlungen: Deutsche Bauz. 1880, S. 1 und 1881, S. 61, sowie: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1879, S. 181, 210, 217 und 1880, S. 405.

¹⁶⁹⁾ Im Auftrage und im Namen der vom Verbands deutscher Architekten- und Ingenieurvereine und vom Vereine deutscher Ingenieure niedergesetzten Kommission zur Aufstellung von Normalprofilen für Walzeisen bearbeitet und herausgegeben von Dr. F. HEINZLING und O. INTZE. Aachen 1881. – 5. Aufl. 1897.

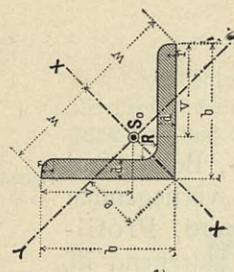


Fig. 68.

a) Normalprofile für gleichschenkelige Winkelleifen (Fig. 68).

$$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}; r = \frac{R}{2}$$

(auf halbe mm abgerundet). Die Hauptachsen sind $\{XX' \text{ als Winkelhalbierende } YY' \perp XX'\}$.

$d_{min} = 0,1 b$ für $b \leq 100$ mm
 $d_{min} = \frac{1}{11} b$ für $b \geq 100$ mm

Profil-Nr.	Abmessungen der Profile			Quer-schnitt F qcm	Gewicht G kg/m	Abstände der Hauptachsen und des Schwerpunkts (So)		Momente für die Biegeschäfte XX'		Momente für die Biegeschäfte YY'		Verhältnis $\frac{W_x}{W_y} = u$	Zwei zusammenge-setzte Winkelleifen. Kleinste Momente für die Biegeschäfte XX'		Vier zusammenge-setzte Winkelleifen. Kleinste Trägheitsmomente und kleinste Widerstands-momente für die Biegeschäfte XX oder YY		Profil-Nr.					
	b	d	R			w	e	v	Trägheitsmoment T_x cm ⁴	Widerstands-moment $W_x = \frac{T_x}{w}$ cm ³	Trägheitsmoment T_y cm ⁴		Widerstands-moment $W_y = \frac{T_y}{e}$ cm ³	Gewicht $2G$ kg/m	Quer-schnitt $2F$ qcm	Trägheitsmoment T_2 cm ⁴		Widerstands-moment $W_2 = \frac{T_2}{v}$ cm ³	Gewicht $4G$ kg/m	Quer-schnitt $4F$ qcm	Trägheitsmoment T_4 cm ⁴	Widerstands-moment $W_4 = \frac{T_4}{b}$ cm ³
1 ^{1/2}	15	3	3,5	1,06	0,67	1,02	0,24	0,23	0,06	0,08	1,28	1,64	0,30	0,30	1,33	0,29	2,56	3,28	1,33	0,99		
2	20	4	3,5	1,41	0,85	1,40	0,29	0,28	0,08	0,10	1,64	2,10	0,37	0,37	1,84	0,37	3,27	4,20	1,84	1,23		
2 ^{1/2}	25	4	3,5	1,77	1,08	1,77	0,31	0,44	0,15	0,17	2,21	2,84	0,46	0,46	2,51	0,46	4,52	5,80	2,51	1,57		
3	30	6	5	2,12	1,36	2,04	0,40	0,55	0,19	0,21	2,88	3,70	0,58	0,58	3,32	0,58	5,78	7,40	3,32	2,15		
3 ^{1/2}	35	6	5	2,47	1,58	2,42	0,48	0,72	0,31	0,30	3,54	4,58	0,71	0,71	4,06	0,71	7,07	9,07	4,06	2,45		
4	40	6	6	2,83	1,70	2,80	0,58	1,00	0,40	0,40	4,38	5,33	0,88	0,88	4,96	0,88	10,19	13,1	4,96	3,33		
4 ^{1/2}	45	7	7	3,18	1,81	3,06	0,62	1,15	0,40	0,40	4,80	5,86	1,15	1,15	5,38	1,15	12,06	15,5	5,38	4,44		
5	50	7	7	3,54	1,81	3,44	0,74	1,35	0,40	0,40	5,40	6,16	1,35	1,35	6,02	1,35	15,2	19,2	6,02	5,88		
5 ^{1/2}	55	8	8	3,89	1,81	3,86	0,86	1,50	0,40	0,40	6,02	6,83	1,50	1,50	7,49	1,50	16,3	21,9	7,49	7,31		
6	60	8	8	4,24	2,02	4,15	0,91	1,68	0,40	0,40	6,62	7,67	1,68	1,68	8,17	1,68	18,3	24,7	8,17	8,33		
6 ^{1/2}	65	9	9	4,60	2,02	4,57	1,00	1,80	0,40	0,40	7,24	8,38	1,80	1,80	8,94	1,80	19,7	26,2	8,94	9,88		
7	70	9	9	4,95	2,02	4,95	1,10	1,90	0,40	0,40	7,82	9,11	1,90	1,90	9,52	1,90	20,5	27,5	9,52	10,8		
7 ^{1/2}	75	10	10	5,30	2,02	5,31	1,20	2,00	0,40	0,40	8,40	9,91	2,00	2,00	10,10	2,00	21,9	29,2	10,10	12,8		
8	80	10	10	5,66	2,02	5,66	1,30	2,10	0,40	0,40	9,00	10,71	2,10	2,10	10,80	2,10	22,9	30,0	10,80	14,4		
9	90	11	11	6,02	2,02	6,02	1,40	2,20	0,40	0,40	9,60	11,51	2,20	2,20	11,50	2,20	24,3	31,2	11,50	16,3		
10	100	12	12	6,38	2,02	6,38	1,50	2,30	0,40	0,40	10,20	12,31	2,30	2,30	12,30	2,30	25,7	32,8	12,30	18,9		
11	110	12	12	6,74	2,02	6,74	1,60	2,40	0,40	0,40	10,80	13,11	2,40	2,40	13,10	2,40	27,1	34,6	13,10	20,7		
12	120	13	13	7,10	2,02	7,10	1,70	2,50	0,40	0,40	11,40	13,91	2,50	2,50	13,90	2,50	28,5	36,4	13,90	22,5		
13	130	14	14	7,46	2,02	7,46	1,80	2,60	0,40	0,40	12,00	14,71	2,60	2,60	14,70	2,60	29,9	38,2	14,70	24,3		
14	140	15	15	7,82	2,02	7,82	1,90	2,70	0,40	0,40	12,60	15,51	2,70	2,70	15,50	2,70	31,3	40,0	15,50	26,1		
15	150	16	16	8,18	2,02	8,18	2,00	2,80	0,40	0,40	13,20	16,31	2,80	2,80	16,30	2,80	32,7	41,8	16,30	27,9		
16	160	17	17	8,54	2,02	8,54	2,10	2,90	0,40	0,40	13,80	17,11	2,90	2,90	17,10	2,90	34,1	43,6	17,10	29,7		

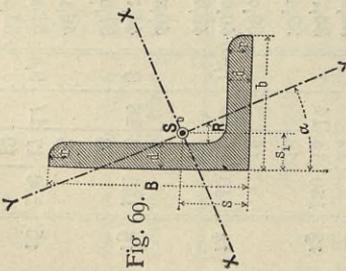


Fig. 60.

β) Normalprofile für ungleichschenkelige Winkelblei (Fig. 69 u. 70).

Verhältnis der Schenkellängen $\frac{B}{b} = 1^{1/2}$.

$d_{min} = \frac{b+B}{20}$ (mit geringen Abweichungen);

$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}$; $r = \frac{R}{2}$ (auf halbe mm abgerundet).

Profil-Nr.	Abmessungen der Profile		Quer-schnitt <i>F</i>	Ge-wicht <i>G</i>	Abstände des Schwerpunkts (<i>S</i> ₀)		Lage der Hauptachse <i>YY</i>	Abstände von den Hauptachsen				Momente für die Biegungsachse <i>XX</i>		Momente für die Biegungsachse <i>YY</i>		Ver-hältnis $\frac{W_x}{W_y} = u$	Zwei zusammen-geetzte JL -Eisen.			Profil-Nr.							
	<i>b</i>	<i>B</i>			<i>d</i>	<i>R</i>		<i>r</i>	<i>s</i>	<i>s</i> ₁	<i>w</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>v</i>	<i>a</i>		<i>c</i>	<i>T_x</i>	<i>T_y</i>		<i>W_x</i>	<i>W_y</i>	<i>I_x</i>	<i>I_y</i>	<i>2G</i>	<i>2F</i>	<i>W_z</i>
2	20	30	3	3,5	2	0,99	0,49	2,04	1,50	0,72	1,07	0,88	0,56	1,42	0,28	0,70	0,26	0,22	1,58	2,22	2,84	0,79	2				
3	30	45	4	4,5	2	1,03	0,54	2,02	1,52	0,74	1,04	0,90	0,57	1,82	0,33	0,90	0,32	2,88	2,19	3,70	1,09	3					
3	30	45	4	4,5	2	1,48	0,74	3,06	2,26	1,07	1,58	1,27	0,83	6,63	1,10	2,17	0,75	4,48	7,25	5,74	2,42	3					
3	30	45	5	4,5	2	1,52	0,78	3,05	2,38	1,09	1,58	1,32	0,85	8,01	1,44	2,63	0,91	5,50	9,21	7,06	3,07	3					
4	40	60	5	6	3	1,95	0,97	4,10	3,00	1,41	2,12	1,66	1,09	19,8	3,66	4,82	1,73	7,48	21,4	9,88	5,28	4					
4	40	60	7	6	3	2,04	1,05	4,06	3,03	1,46	2,10	1,77	1,14	26,3	4,63	6,47	2,20	10,2	30,6	13,1	7,64	4					
5	50	75	7	8	4	2,47	1,24	5,11	3,76	1,78	2,62	2,12	1,35	53,1	9,58	10,4	3,66	13,0	58,4	16,7	11,7	5					
5	50	75	9	8	4	2,56	1,32	5,07	3,79	1,83	2,60	2,22	1,43	65,4	11,9	12,9	4,56	16,4	76,8	21,0	15,4	5					
5	50	75	10	8	4	3,31	1,59	6,79	4,98	2,46	3,47	2,73	1,75	160	26,8	23,6	7,73	22,1	165	28,3	25,4	5					
5	50	75	11	8	4	3,40	1,67	6,74	4,97	2,52	3,45	2,83	1,81	189	32,9	28,1	9,54	26,6	206	34,1	31,6	5					
6	65	100	9	10	5	3,92	1,95	8,19	6,01	2,82	4,24	3,33	2,18	317	56,8	38,7	13,4	29,8	341	38,3	42,7	6					
6	65	100	11	10	5	4,00	2,02	8,15	6,03	2,87	4,21	3,44	2,24	370	67,5	45,4	16,0	35,4	415	45,4	51,9	6					
8	80	120	10	11	5,5	4,89	2,42	10,2	7,51	3,51	5,26	4,18	2,71	747	134	73,0	25,4	44,8	800	57,5	80,0	8					
8	80	120	12	11	5,5	4,97	2,50	10,2	7,55	3,57	5,27	4,27	2,78	854	153	83,8	29,0	51,8	942	66,4	94,2	8					
10	100	150	12	13	6,5	22,4	2,42	10,2	7,55	3,57	5,27	4,27	2,78	854	153	83,8	29,0	51,8	942	66,4	94,2	10					
10	100	150	14	13	6,5	25,9	2,50	10,2	7,55	3,57	5,27	4,27	2,78	854	153	83,8	29,0	51,8	942	66,4	94,2	10					
15	100	150	14	13	6,5	25,9	2,50	10,2	7,55	3,57	5,27	4,27	2,78	854	153	83,8	29,0	51,8	942	66,4	94,2	15					

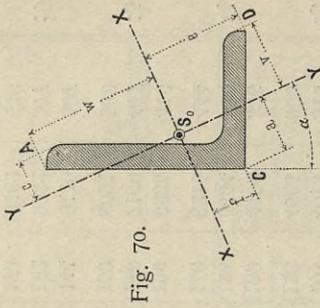


Fig. 70.

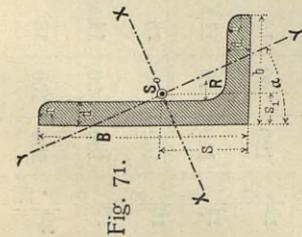


Fig. 71.

γ) Normalprofile für ungleichschenkelige Winkelreifen (Fig. 71 u. 72).

Verhältnis der Schenkellängen $\frac{B}{b} = 2$.

$d_{min} = \frac{b+B}{20}$ (mit geringen Abweichungen);

$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}; r_1 + \frac{R}{2}$.

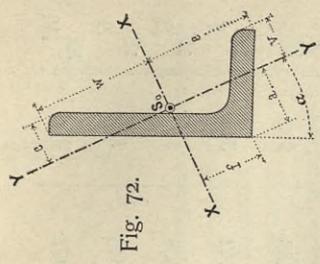


Fig. 72.

Profil-Nr.	Abmessungen der Profile				Quer-schnitt <i>F</i> qcm	Gewicht <i>G</i> kg/m	Abstände des Schwerpunkts (<i>S</i> ₀)		Lage der Hauptachse <i>YY</i> tg α	Abstände von den Hauptachsen				Momente für die Biegsachse <i>XX</i>		Momente für die Biegsachse <i>YY</i>		Verhältnis $\frac{W_x}{W_y} = u$	Zwei zusammenge-setzte JL-Eifen. Kleinste Momente für die Biegsachse <i>YY</i>			Profil-Nr.				
	<i>b</i> mm	<i>B</i> mm	<i>d</i> mm	<i>R</i> mm			<i>r</i> mm	<i>s</i> cm		<i>s</i> ₁ cm	<i>w</i> cm	<i>e</i> cm	<i>f</i> cm	<i>v</i> cm	<i>a</i> cm	<i>c</i> cm	<i>T_x</i> cm ⁴		$W_x = \frac{T_x}{w}$ cm ³	<i>T_y</i> cm ⁴	$W_y = \frac{T_y}{v}$ cm ³		Quer-schnitt $\frac{2F}{Y}$ qcm	Gewicht $\frac{2G}{Y}$ kg/m	<i>T_z</i> cm ⁴	Widerstands-moment $W_z = \frac{T_z}{b}$ cm ³
2	20	40	3	3,5	2	1,34	1,43	0,44	0,2575	2,60	1,77	1,27	0,78	0,47	2,96	1,14	0,31	0,26	3,44	2,68	1,61	0,80	2			
4	40	80	4	4	2	1,76	1,47	0,48	0,2528	2,57	1,80	1,31	0,83	0,50	3,79	1,47	0,40	0,34	4,50	3,32	2,23	1,12	4			
3	30	60	5	6	3	3,35	2,15	0,68	0,2544	3,91	2,64	1,91	1,78	1,19	16,5	4,22	1,71	0,96	8,58	6,70	9,18	3,06	3			
6	60	120	7	7	3	4,56	2,24	0,76	0,2479	3,88	2,71	1,99	1,74	1,28	21,8	5,69	2,28	1,31	11,7	9,12	13,6	4,52	6			
4	40	80	6	7	3,5	5,37	2,85	0,88	0,2568	5,23	3,33	2,54	2,38	1,56	47,6	9,14	4,99	2,10	13,8	10,7	26,0	6,49	4			
8	80	160	8	8	3,5	7,03	2,94	0,96	0,2518	5,14	3,60	2,62	2,35	1,65	60,8	11,8	6,41	2,73	18,0	14,1	36,0	8,99	8			
5	50	100	8	9	4,5	8,93	3,59	1,12	0,2565	6,49	4,44	3,20	2,97	1,97	123	18,9	12,8	4,31	22,9	17,9	68,0	13,6	5			
10	100	200	10	10	4,5	11,0	3,67	1,20	0,2558	6,42	4,52	3,24	2,96	2,03	150	23,3	14,6	4,93	28,2	22,0	87,7	17,5	10			
6	65	130	10	11	5,5	14,5	4,65	1,45	0,2569	8,45	5,76	4,14	3,86	2,56	339	40,2	35,4	9,16	37,3	29,1	187	28,7	6			
13	130	260	12	13	6,5	17,2	4,75	1,53	0,2549	8,38	5,83	4,22	3,82	2,65	395	47,2	41,3	10,8	44,2	34,5	229	35,2	13			
8	80	160	12	13	6,5	21,5	5,72	1,77	0,2586	10,4	7,10	5,10	4,76	3,14	762	73,4	79,4	16,7	48,2	43,0	417	52,1	8			
16	160	320	14	15	7,5	24,8	5,81	1,85	0,2679	10,3	7,20	5,13	4,65	3,29	875	84,8	86,0	18,5	63,6	49,6	495	62,4	16			
10	100	200	14	15	7,5	31,4	7,12	2,18	0,2608	13,0	8,86	6,34	5,95	3,91	1754	135	182	30,6	80,6	62,8	947	94,7	10			
20	200	400	16	16	7,5	35,6	7,20	2,26	0,2586	13,0	8,90	6,40	5,93	3,99	1973	152	205	34,5	91,4	71,3	1097	110	20			

8) Normalprofile für breitfüßige T-Eisen (Fig. 73).

$$h = \frac{b}{2}; d = 0,15h + 1 \text{ mm}; R = \frac{R}{2}; r = \frac{R}{2}; \rho = \frac{R}{4} \text{ (auf halbe mm abgerundet);}$$

Neigung im Fuß 2 Vohundert, an jeder Seite des Steges 4 Vohundert.

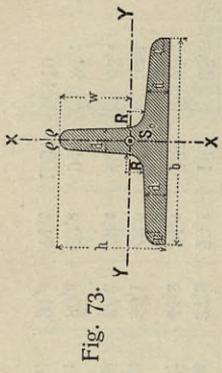


Fig. 73.

Profil-Nr.	Abmessungen der Profile						Gewicht G kg/m	Schwerpunktsabstand W cm	Momente für die Biegungsachse XX		Momente für die Biegungsachse YY		Zwei zusammenge setzte T-Eisen. Kleinste Momente für die Biegungsachse XX				Profil-Nr.
	b	h	d	R	r	ρ			T_x cm ⁴	$W_x = \frac{I_x}{W}$ cm ³	T_y cm ⁴	$W_y = \frac{I_y}{b/2}$ cm ³	Querschnitt $2F$ qcm	Gewicht $2G$ kg/m	Trägheitsmoment T_s cm ⁴	Widerstandsmoment $W_s = \frac{I_s}{h}$ cm ³	
6	60	30	5,5	5,5	3	1,5	2,58	1,11	8,62	2,87	9,29	7,25	9,39	3,13	6		
7	70	35	6	6	3	1,5	4,49	1,65	15,1	4,32	11,9	9,26	16,0	4,57	7		
8	80	40	7	7	3,5	2	7,81	2,50	28,5	7,13	15,8	12,3	27,9	6,99	8		
9	90	45	8	8	4	2	12,7	3,64	46,1	10,2	20,3	15,9	45,9	10,2	9		
10	100	50	8,5	8,5	4	2	18,7	4,78	67,7	13,5	24,1	18,8	66,1	13,2	10		
12	120	60	10	10	5	2,5	38,0	8,00	137	22,8	34,0	26,5	133	22,2	12		
14	140	70	11,5	11,5	6	3	68,9	12,6	258	36,9	45,6	35,5	242	34,6	14		
16	160	80	13	13	6,5	3,5	117	18,6	422	52,8	58,9	46,0	408	51,0	16		
18	180	90	14,5	14,5	7,5	3,5	185	26,1	670	74,4	74,0	57,7	646	71,8	18		
20	200	100	16	16	8	4	277	35,3	1000	100	90,7	70,8	972	97,2	20		

e) Normalprofile für hochfeste T-Eisen (Fig. 74).

$h = b$; $d = 0,1 h + 1 \text{ mm}$; $R = d$; $r = \frac{R}{2}$; $\rho = \frac{R}{4}$ (auf halbe mm abgerundet);

Neigung im Fuß 2 Vomhundert, auf jeder Seite des Steges 2 Vomhundert.

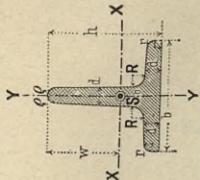


Fig. 74. x

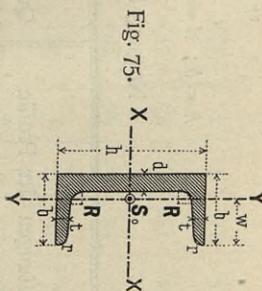
Profil-Nr.	Abmessungen der Profile					Querschnitt F qcm	Gewicht G kg m	Schwerpunktsabstand W qcm	Momente für die Biegungsachse XX		Momente für die Biegungsachse YY		Zwei zusammengelegte T-Eisen. Kleinfte Momente für die Biegungsachse YY			Profil-Nr.		
	b	h	d	R	r				ρ	Trägheitsmoment T_x cm ⁴	Widerstandsmoment $W_x = \frac{T_x}{w}$ cm ³	Trägheitsmoment T_y cm ⁴	Widerstandsmoment $W_y = \frac{T_y}{b/2}$ cm ³	Querschnitt $\frac{2F}{x}$ qcm	Gewicht 2G kg m		Trägheitsmoment T_z cm ⁴	Widerstandsmoment $W_z = \frac{T_z}{b/2}$ cm ³
2	20	20	3	3	1,5	1	1,12	0,87	1,42	0,38	0,27	0,20	0,20	2,24	1,75	0,39	0,39	2
2 ^{1/2}	25	25	3,5	3,5	2	1	1,64	1,28	1,77	0,97	0,49	0,43	0,34	3,27	2,56	0,85	0,85	2 ^{1/2}
3	30	30	4	4	2	1	2,26	1,76	2,15	1,72	0,80	0,87	0,58	4,51	3,53	1,73	1,16	3
3 ^{1/2}	35	35	4,5	4,5	2	1	2,97	2,32	2,51	3,10	1,23	1,57	0,90	5,94	4,63	3,14	1,80	3 ^{1/2}
4	40	40	5	5	2,5	1	3,77	2,94	2,88	5,28	1,84	2,58	1,29	7,55	5,88	5,16	2,58	4
4 ^{1/2}	45	45	5,5	5,5	3	1,5	4,67	3,64	3,24	8,13	2,51	4,01	1,78	9,34	7,29	8,03	3,57	4 ^{1/2}
5	50	50	6	6	3	1,5	5,66	4,42	3,61	12,1	3,36	6,06	2,42	11,3	8,83	12,1	4,85	5
6	60	60	7	7	3,5	2	7,94	6,19	4,34	23,8	5,48	12,2	4,05	15,9	12,4	24,3	8,11	6
7	70	70	8	8	4	2	10,6	8,27	5,06	44,5	8,79	22,1	6,32	21,2	16,5	44,3	12,6	7
8	80	80	9	9	4,5	2	13,6	10,6	5,78	73,7	12,8	37,0	9,25	27,3	21,3	74,0	18,5	8
9	90	90	10	10	5	2,5	17,1	13,3	6,52	119	18,2	58,5	13,0	34,1	26,6	117	26,0	9
10	100	100	11	11	5,5	3	20,9	16,3	7,26	179	24,6	88,3	17,7	41,7	32,5	177	35,3	10
12	120	120	13	13	6,5	3	29,6	23,1	8,72	366	42,0	178	29,7	59,2	46,2	356	59,4	12
14	140	140	15	15	7,5	4	39,9	31,1	10,2	660	64,7	330	47,2	79,8	62,2	660	94,3	14

2) Normalprofile für C-Eilen (Fig. 75).

$b = 0,25 h + 25 \text{ mm};$

$R = t; r = \frac{t}{2};$

Neigung der inneren Flanflächen 8 Vornhundert.



Profil-Nr.	Abmessungen der Profile					Quer- schnitt F	Ge- wicht G	Schwer- punkts- abstand w	Momente für die Biegsachse XX		Momente für die Biegsachse YY		Ver- hältnis $\frac{W_x}{W_y} = n$	Kleinstes Widerstands- moment für die ungünstigste Belastungs- ebene, für welche $\lg \beta = n$	Zwei zusammengeetzte C-Eilen. Kleinste Momente für die Biegsachse YY				Profil-Nr.
	h	b	d	t	R				r	Trägheits- moment T_x	Wider- stands- moment $W_x = \frac{T_x}{h}$	Trägheits- moment T_y			Wider- stands- moment $W_y = \frac{T_y}{w}$	Quer- schnitt $2F$	Gewicht $2G$	Trägheits- moment T_2	
3	30	33	5	7	7	3,5	5,44	1,90	6,39	4,26	5,33	2,68	1,50	2,26	10,9	8,48	12,8(T ₂)	8,52	3
4	40	35	5	7	7	3,5	6,21	2,17	14,1	7,10	6,08	3,08	2,31	2,82	12,4	9,70	28,2(T ₂)	14,2	4
5	50	38	5	7	7	3,5	7,12	2,43	26,4	10,6	9,12	3,75	2,82	3,60	14,2	11,1	45,1	11,9	5
6 1/2	65	42	5,5	7,5	7,5	4	9,08	2,78	57,5	17,7	14,1	5,06	3,50	4,95	18,1	14,1	64,6	15,4	6 1/2
8	80	45	6	8	8	4	11,0	3,05	106	26,5	19,4	6,37	4,16	6,35	22,0	17,2	86,4	19,2	8
10	100	50	6	8,5	8,5	4,5	13,5	3,45	206	41,1	29,3	8,50	4,84	8,22	26,9	21,0	123	24,7	10
12	120	55	7	9	9	4,5	17,0	3,90	364	60,7	43,2	11,1	5,48	10,9	34,0	26,5	175	31,7	12
14	140	60	7	10	10	5	20,4	4,25	605	86,4	62,7	14,8	5,85	14,7	40,7	31,8	251	41,8	14
16	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	24,0	4,66	925	116	85,3	18,3	6,32	18,5	48,0	37,5	333	51,3	16
18	180	70	8	11	11	5,5	28,0	5,08	1354	150	114	22,4	6,73	22,6	55,9	43,6	434	61,9	18
20	200	75	8,5	11,5	11,5	6	32,2	5,49	1911	191	148	27,0	7,09	26,8	64,4	50,2	556	74,2	20
22	220	80	9	12,5	12,5	6,5	37,4	5,86	2690	245	197	33,6	7,28	33,9	74,9	58,4	737	92,1	22
24	240	85	9,5	13	13	6,5	42,3	6,27	3598	300	248	39,6	7,57	39,0	84,6	66,0	917	108	24
26	260	90	10	14	14	7	48,3	6,64	4823	371	317	47,8	7,76	48,2	96,6	75,3	1172	130	26
28	280	95	10	15	15	7,5	53,3	6,97	6276	450	399	57,2	7,88	58,5	107	83,2	1481	156	28
30	300	100	10	16	16	8	58,8	7,30	8026	535	495	67,8	7,90	59,6	118	91,7	1847	185	30

η) Normalprofile für I-Eisen (Fig. 76).

Bis $h = 250$ mm ist $b = 0,4 h + 10$ mm; $d = 0,03 h + 1,5$ mm.

Für $h > 250$ mm ist $b = 0,3 h + 35$ mm; $d = 0,036 h$.

Neigung der inneren Flanschflächen 14 Vohnhundert.

$$R = d; r = 0,6 d.$$

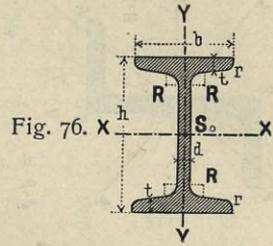


Fig. 76. X

270.
I-Eisen.

Profil-Nr.	Abmessungen der Profile						Quer-schnitt <i>F</i>	Ge-wicht <i>G</i> kg m	Momente für die Biegungsachse <i>XX</i>		Momente für die Biegungsachse <i>YY</i>		Ver-hältnis $\frac{W_x}{W_y} = u$	Profil-Nr.
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>R</i>	<i>r</i>			Träg-heits-moment <i>T_x</i>	Wider-stands-moment $W_x = \frac{T_x}{h/2}$	Träg-heits-moment <i>T_y</i>	Wider-stands-moment $W_y = \frac{T_y}{b/2}$		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³		
8	80	42	3,9	5,9	3,9	2,3	7,57	5,91	77,7	19,4	6,28	2,99	6,50	8
9	90	46	4,2	6,3	4,2	2,5	8,99	7,02	117	25,9	8,76	3,81	6,80	9
10	100	50	4,5	6,8	4,5	2,7	10,6	8,28	170	34,1	12,2	4,86	7,01	10
11	110	54	4,8	7,2	4,8	2,9	12,3	9,59	238	43,3	16,2	5,99	7,23	11
12	120	58	5,1	7,7	5,1	3,1	14,2	11,1	327	54,5	21,4	7,38	7,38	12
13	130	62	5,4	8,1	5,4	3,2	16,1	12,6	435	67,0	27,4	8,85	7,57	13
14	140	66	5,7	8,6	5,7	3,4	18,2	14,2	572	81,7	35,2	10,7	7,65	14
15	150	70	6,0	9,0	6,0	3,6	20,4	15,9	734	97,9	43,7	12,5	7,83	15
16	160	74	6,3	9,5	6,3	3,8	22,8	17,8	933	117	54,5	14,7	7,92	16
17	170	78	6,6	9,9	6,6	4,0	25,2	19,7	1165	137	66,5	17,1	8,02	17
18	180	82	6,9	10,4	6,9	4,1	27,9	21,7	1444	161	81,3	19,8	8,10	18
19	190	86	7,2	10,8	7,2	4,3	30,5	23,8	1759	185	97,2	22,6	8,20	19
20	200	90	7,5	11,3	7,5	4,5	33,4	26,1	2139	214	117	25,9	8,26	20
21	210	94	7,8	11,7	7,8	4,7	36,3	28,3	2558	244	137	29,3	8,31	21
22	220	98	8,1	12,2	8,1	4,9	39,5	30,8	3055	278	163	33,3	8,34	22
23	230	102	8,4	12,6	8,4	5,0	42,6	33,3	3605	314	188	36,9	8,50	23
24	240	106	8,7	13,1	8,7	5,2	46,1	35,9	4239	353	220	41,6	8,50	24
25	250	110	9,0	13,6	9,0	5,4	49,7	38,7	4954	396	255	46,4	8,54	25
26	260	113	9,4	14,1	9,4	5,6	53,3	41,6	5735	441	287	50,6	8,72	26
27	270	116	9,7	14,7	9,7	5,8	57,1	44,5	6623	491	325	56,0	8,76	27
28	280	119	10,1	15,2	10,1	6,1	61,0	47,6	7575	541	363	60,8	8,91	28
29	290	122	10,4	15,7	10,4	6,3	64,8	50,6	8619	594	403	66,1	8,99	29
30	300	125	10,8	16,2	10,8	6,5	69,0	53,8	9785	652	449	71,9	9,07	30
32	320	131	11,5	17,3	11,5	6,9	77,7	60,6	12493	781	554	84,6	9,23	32
34	340	137	12,2	18,3	12,2	7,3	86,7	67,6	15670	922	672	98,1	9,40	34
36	360	143	13,0	19,5	13,0	7,8	97,0	75,7	19576	1088	817	114	9,53	36
38	380	149	13,7	20,5	13,7	8,2	107	83,4	23978	1262	972	131	9,67	38
40	400	155	14,4	21,6	14,4	8,6	118	91,8	29173	1459	1160	150	9,76	40
42 ^{1/2}	425	163	15,3	23,0	15,3	9,2	132	103	36956	1739	1433	176	9,89	42 ^{1/2}
45	450	170	16,2	24,3	16,2	9,7	147	115	45888	2040	1722	203	10,1	45
47 ^{1/2}	475	178	17,1	25,6	17,1	10,3	163	127	56410	2375	2084	234	10,1	47 ^{1/2}
50	500	185	18,0	27,0	18,0	10,8	179	140	68736	2750	2470	267	10,3	50
55	550	200	19,0	30,0	19,8	11,9	212	166	99054	3602	3486	349	10,3	55

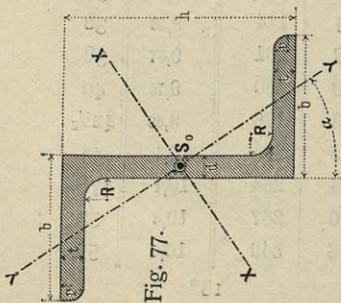


Fig. 77.

b) Normalprofile für Z-Eisen (Fig. 77 bis 79).

$$b = 0,25 h + 30 \text{ mm};$$

$$d = 0,085 h + 3 \text{ mm (auf halbe mm abgerundet)};$$

$$t = 0,05 h + 3 \text{ mm};$$

$$R = t; r = \frac{t}{2}.$$

Fig. 78.

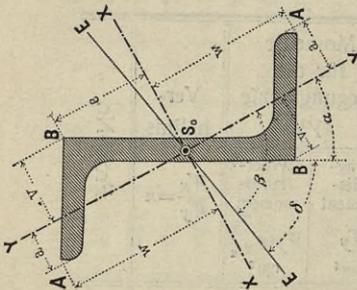
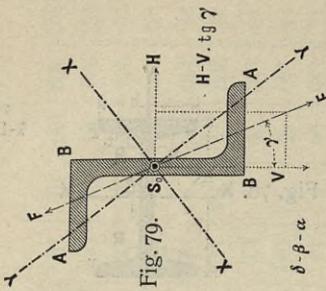


Fig. 79.



Abmessungen der Profile		Quer-schnitt-wicht F qcm	Lage der Haupt-achse YY $\text{tg } \alpha$	Abstände von den Hauptachsen				Momente für die Biegungsachse XX		Momente für die Biegungsachse YY		Ver-hältnis $\frac{W_x}{W_y} = u$	Ungünstige Belastung in der Ebene EE		Lotrechte Belastung (V) bei Verhinderung seitlicher Aus-biegung durch H		Lotrechte Belastung (V) bei freier Aus-biegung zur Seite									
h mm	b mm			d mm	t mm	R mm	r mm	von der XX -Achse w cm	von der YY -Achse e cm	c cm	v cm		a cm	i cm	T_x cm^4	Wider-stands-moment $W_x = \frac{I_x}{w}$ cm^3	T_y cm^4	Träg-heits-moment $W_y = \frac{I_y}{v}$ cm^3	Wider-stands-moment $W_x = \frac{I_x}{w}$ cm^3	Wider-stands-moment $W_y = \frac{I_y}{v}$ cm^3						
3	30	38	4	4,5	2,5	4,32	3,37	1,055	3,86	0,61	3,54	1,39	0,87	0,58	18,1	4,69	1,11	4,22	26,9	0,554	1,11	4,22	1,11	6,31	1,227	1,26
4	40	40	4,5	5	2,5	5,43	4,23	1,181	4,17	1,12	3,82	1,67	1,19	0,91	28,0	6,72	1,83	3,67	13,7	0,729	1,82	3,67	1,82	9,13	0,913	2,26
5	50	43	5	5,5	3	6,77	5,28	0,939	4,60	1,65	4,21	1,89	1,49	1,24	44,9	9,76	2,76	3,54	9,83	0,809	2,75	3,54	2,75	13,2	0,752	3,64
6	60	45	5	6	3	7,91	6,17	0,779	4,98	2,21	4,56	2,04	1,76	1,51	67,2	13,5	3,73	3,62	9,07	1,03	3,70	3,62	3,70	17,7	0,647	5,24
8	80	50	6	7	3,5	11,1	8,67	0,588	5,83	3,30	5,35	2,29	2,25	2,02	142	24,4	6,44	3,79	4,05	3,35	6,37	3,79	6,37	30,7	0,509	10,1
10	100	55	6,5	8	4	14,5	11,3	0,492	6,77	4,84	6,24	2,50	2,65	2,43	270	39,8	9,26	4,30	4,67	3,97	9,05	4,30	9,05	48,5	0,438	16,8
12	120	60	7	9	4,5	18,2	14,2	0,433	7,75	5,37	7,16	2,70	3,02	2,80	470	60,6	37,7	4,86	5,26	4,46	12,3	4,86	12,3	71,9	0,392	25,6
14	140	65	8	10	5	22,9	17,9	0,385	8,72	6,39	8,08	2,89	3,39	3,18	768	88,0	56,4	5,29	5,71	5,09	16,4	5,29	16,4	102	0,338	33,0
16	160	70	8,5	11	5,5	27,5	21,5	0,367	9,74	7,39	9,04	3,09	3,72	3,51	1184	121	79,5	5,69	6,13	5,48	21,1	5,69	21,1	139	0,330	52,9
18	180	75	9,5	12	6	33,3	26,0	0,329	10,7	8,40	9,99	3,27	4,08	3,86	1759	164	110	6,06	6,52	5,98	26,7	6,06	26,7	186	0,307	72,4
20	200	80	10	13	6,5	38,7	30,2	0,313	11,8	9,39	11,0	3,47	4,39	4,17	2509	213	147	6,34	6,85	6,26	33,1	6,34	33,1	239	0,298	91,1

Profil-Nr.

Größte Spannung bei Profil Nr. 3, 4, 5 u. 6 in B, bei allen übrigen in C.

Von Profil Nr. 10 ab $\frac{T_y}{a}$

v) Normalprofile für Belag-(Zorès)Eisen (Fig. 80).

$$R = t = r_3; \quad r_1 = d; \quad r_2 = d - 0,15 \text{ mm}; \quad r_4 = 0,6 d + 1,13 \text{ mm}.$$

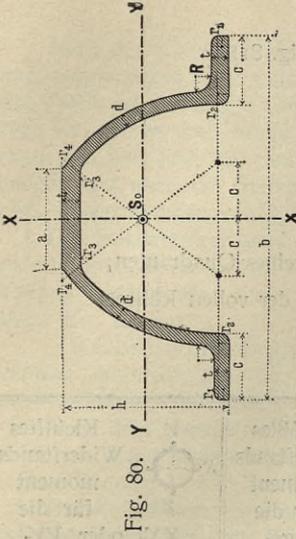


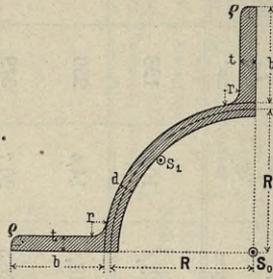
Fig. 80. Y

Profil-Nr.	Abmessungen der Profile							Quer-schnitt F qcm	Gewicht G kg m	Momente für die Biegungsachse		Verhältnis $\frac{W_x}{W_y} = u$	Kleinestes Widerstands-moment für die Belagungs-ebene, für welche $tg \varphi = u$	Kleinste Widerstands-momente für die Biegungsachse XX	Zwei zusammenge-setzte Kleinste Momente für die Biegungsachse XX	Profil-Nr.						
	h mm	b mm	a mm	c mm	R mm	t = r ₃ = r ₁ mm	d mm			r ₂ mm	r ₄ mm						YY					
																	Trägheitsmoment T _y cm ⁴	Widerstands-moment W _y = b ³ /12 cm ³	Trägheitsmoment T _x cm ⁴	Widerstands-moment W _x = h ³ /12 cm ³		
5	50	120	83	21	60	5	3	2,5	3,1	6,71	5,24	23,2	9,27	86,4	14,4	1,55	7,79	13,4	10,3	128	25,5	5
6	60	140	88	24	70	6	3,5	3	3,4	9,34	7,28	47,2	15,8	164	23,4	1,48	13,1	18,7	14,6	259	43,1	6
7 ^{1/2}	75	170	45,5	28,5	85	7	4	3,5	3,7	13,2	10,3	105	27,9	347	40,8	1,46	23,0	26,5	20,7	579	77,2	7 ^{1/2}
9	90	200	53	33	100	8	4,5	4	4	17,9	14,0	206	45,8	651	65,1	1,42	37,5	35,8	28,0	1141	127	9
11	110	240	63	39	120	9	5	4,5	4,3	24,1	18,8	421	76,5	1272	106	1,39	62,1	48,2	37,6	2295	209	11

282.
Quadrant-
Eisen.

*) Normalprofile für Quadrant-Eisen (Fig. 81).

Fig. 81.



$b = 0,12 R + 25 \text{ mm};$

$r = 0,12 R;$

$\rho = 0,06 R;$

s_1 der Schwerpunkt eines Quadranten;

S_0 der Schwerpunkt der vollen Röhre.

Profil-Nr.	Abmessungen der Profile						Quer- schnitt F der vollen Röhre	Gewicht G der vollen Röhre	Volle Röhre. Träg- heits- moment für jede Biegungs- achse T	Größtes Widerstands- moment für die ZZ-Biegungs- achse		Kleinstes Widerstands- moment für die XX- oder YY- Biegungsachse		Profil-Nr.
	R	b	d	t	r	r_1				Widerstandsmoment W_z		Widerstandsmoment $W_x = W_y$		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm				cm ⁴		cm ³		
5	50	35	4	6	6	3	29,8	23,3	576	89,3	66,2	5		
5	50	35	8	8	6	3	48,0	37,4	906	135	102	5		
7 ^{1/2}	75	40	6	8	9	4,5	54,9	42,8	2068	237	175	7 ^{1/2}		
7 ^{1/2}	75	40	10	10	9	4,5	80,2	62,5	2982	331	248	7 ^{1/2}		
10	100	45	8	10	12	6	88,1	68,7	5511	501	370	10		
10	100	45	12	12	12	6	120	94,0	7478	663	495	10		
12 ^{1/2}	125	50	10	12	15	7,5	129	101	12161	917	676	12 ^{1/2}		
12 ^{1/2}	125	50	14	14	15	7,5	169	132	15788	1165	867	12 ^{1/2}		
15	150	55	12	14	18	9	179	140	23637	1515	1120	15		
15	150	55	18	17	18	9	249	194	32738	2051	1530	15		

6) Bleche und Blecherzeugnisse.

Eisenbleche finden als Konstruktions- und Ausbaumaterial vielfach Anwendung. Sie erhalten entweder keinen Überzug — Schwarzbleche, oder sie sind, um sie vor Rost usw. zu schützen, verzinkt, bezw. verzinkt — Weißbleche und verzinkte Eisenbleche; seltener kommen Überzüge von Email vor.

*) Schwarz- oder Sturzbleche. Für die Dicke derselben dient jetzt noch vielfach die Dillinger oder ältere deutsche Blechlehre, welche nachstehende Nummern festsetzt¹⁷⁰⁾:

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Dicke (in Millim.)	5,50	5,00	4,50	4,25	4,00	3,75	3,50	3,25	3,00	2,75	2,50	2,25	2,00
Gewicht für 1 qm (in Kilogr., annähernd)	44	40	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16
Nummer	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Dicke (in Millim.)	1,75	1,50	1,37	1,25	1,12	1,00	0,87	0,75	0,62	0,50	0,50	0,44	0,37
Gewicht für 1 qm (in Kilogr., annähernd)	14	12	11	10	9	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3

¹⁷⁰⁾ In der Dillinger Lehre entsprechen die Nr. 22, 22^{1/2}, 23 und 24 den Nr. 23, 24, 25 und 26 der neuen deutschen Lehre. Die neue deutsche Draht- und Blechlehre ist in Art. 291 aufgenommen.

283.
Schwarzblech.

Nach den schon mehrfach erwähnten Befchlüssen sollen derlei Bleche die folgenden Normalabmessungen zeigen. Als ganze Tafeln in der Länge von 1000 mm und Breite von 650 mm, als lange halbe Tafeln in der Länge von 1000 mm und Breite von 325 mm, und als breite halbe Tafeln in der Länge von 500 mm und Breite von 650 mm. Für Röhrenbleche sind bei gleicher Normallänge auch Breiten von 330, 350, 370 und 390 mm zulässig. Die Bleche werden entweder nach der Stückzahl in Bündeln oder nach der Stärke der angegebenen Nummern verkauft. Das Gewicht beträgt 50 und 25 kg. Abweichungen von ± 5 mm in der Länge und Breite sind gestattet.

Das Schwarzblech wird für eine große Zahl von Konstruktionen des inneren Ausbaues verwendet; insbesondere betrifft dies alle größeren und kleineren Bauteile, die aus der Hand des Bau- schlossers hervorgehen. Indes kann es auch einen Bestandteil genieteteter Träger, Konfolen, Frei- tützen ufw. bilden.

β) Keffelbleche sind gleichfalls Schwarzbleche, jedoch solche von größerer Dicke (bis 20 mm). *Merthens* empfiehlt¹⁷¹⁾, die Bezeichnungen Schwarzblech und Keffelblech durch die Namen Feinblech und Grobblech zu ersetzen.

Nach dem Vorbild der französischen Bezeichnungen (*Tôles communes, Tôles ordinaires, Tôles supérieures, Tôles fines*) möchte er die Grobbleche als Kastenbleche, gewöhnliche Bleche, bessere Bleche und beste Bleche unterscheiden.

Die Keffelbleche sind es hauptsächlich, welche zur Herstellung von kräftigeren Dach- und Deckenkonstruktionen, von Freitützen, welche größere Drücke aufzunehmen haben, ufw. Verwendung finden.

γ) Weißbleche kommen gleichfalls in verschiedenen Stärken und Formaten im Handel vor. Folgende Normalabmessungen sind üblich:

Das Einfach-(Klein-)Format von 265 mm Breite und 340 mm Länge,
das Doppel-Format von 340 mm Breite und 530 mm Länge,
das Hochfolio-Format von 265 mm Breite und 680 mm Länge,
das Vierfach-Format von 530 mm Breite und 680 mm Länge und
die Rinnenblech-Formate von 320, 370, 420, 470 und 520 mm Breite bei gemeinsamer Länge von 750 mm.

Als Normalabmessung der Senklerbleche gilt das Einfach-Format; Foderbleche werden in Einfach- und Doppel-Format erzeugt.

Die Verpackung geschieht nach bisherigem Gebrauch in Holzkisten von 300 Tafeln Inhalt bei Einfach-Format, 150 Tafeln bei Doppel- und Hochfolio-Format, 75 Tafeln bei Vierfach-Format und bei den Rinnenblechen.

Die Bezeichnung der Qualität erfolgt durch die Zeichen *FF* für „sehr fein“, *F* für „fein“, *A* und *AA* für Auschuß.

Als Netto-Normalgewichte der Bleche haben für 1 Kiste zu gelten:
für 300 Tafeln Einfach-Format 90 kg für 75 Tafeln Vierfach-Format und Rinnenblech 90 kg
„ 150 „ Doppel-Format 90 kg „ 300 „ leichtes Einfach-Format 50, 42 u. 37 kg
„ 150 „ Hochfolio-Format 90 kg „ 150 „ leichtes Doppel-Format 65 kg.
Schwarzbleche sind entsprechend etwa 5 kg für die Kiste leichter.

Auf den Kisten sind Fabriksmarke, Sorte und Qualität, sowie das Bruttogewicht ersichtlich zu machen. Die Preise sind bei den laufenden Sorten für 1 Kiste, bei nicht laufenden für je 100 kg Nettogewicht anzugeben. Die bisherigen Bezeichnungen Senkler-, Foder-, Kreuzbleche ufw. sind im Großverkehr fallen zu lassen.

Das Weißblech wird, wenn auch selten, zur Dachdeckung, für Dachtraufen, für Regenrohre, für Klappen ufw. angewendet.

δ) Verzinkte Eisenbleche, auch galvanisierte Bleche genannt, haben sich in den letzten Jahrzehnten, seit die betreffenden Herstellungsmethoden wesentlich verbessert worden sind, immer größeren Eingang verschafft. Man zieht sie nicht nur den verzinnnten Blechen, sondern auch vielfach den Zinkblechen vor, da sie billiger als die letzteren sind, eine größere Tragfähigkeit besitzen und beim Temperaturwechsel keine so großen Längenänderungen zeigen. Insbesondere sind es die Dachdeckungen, für welche verzinktes Eisenblech häufig zur Anwendung kommt.

Verzinkte Bleche werden in gleichen Formaten wie Schwarz- und Weißbleche erzeugt, sind aber auch in viel größeren Abmessungen (bis zu 4 m Länge) zu haben.

Unter den Blecherzeugnissen ragen, wenn man von den weniger bedeutenden derselben und von solchen, die hauptsächlich als Ausbaumaterial oder

284.
Keffelblech.

285.
Weißblech.

286.
Verzinkte
Bleche.

287.
Blech-
erzeugnisse.

¹⁷¹⁾ A. a. O., S. 165.

für Dekorationsgegenstände dienen, wie Herde, Ofen, Röhren, Dachfenster, getriebene Zierteile, gepreßte Ornamente, allerhand Erzeugnisse der Bau- und Kunstschlosserei usw., ablieh, besonders die gepreßten und gelochten Bleche, sowie die Wellbleche, die Tonnenbleche, die Buckelplatten und die *Lindsay*-Tröge hervor.

288.
Gepreßte
und gelochte
Bleche.

α) Gepreßte und gelochte Bleche. Vielfache Verwendung als Bodenplatten für Balkone, Pflanzenhäufer, Maschinenräume usw. finden die gerippten Bleche, welche sich kreuzende Rippen eingepreßt erhalten und in Größen von 3^m Länge bei 90^{cm} Breite hergestellt werden. Zu erwähnen sind ferner, für Kellerfensterverchlüsse, lüftende Decken, Treppenstufen usw. verwendet, die gelochten Bleche, welche ebenfalls in den gleichen Abmessungen und mit verschiedenen Formen und Größen der Durchbrechungen geliefert werden.

Außer diesen in großen Formaten erzeugten Fabrikaten sind noch diejenigen Erzeugnisse zu nennen, die für die Zwecke der Dachdeckung hergestellt werden und an die Stelle der Dachziegel treten. In Teil III, Band 2, Heft 5 (Abfchn. 2, F, Kap. 38, unter e: Dachdeckung mit Eisenblech) dieses „Handbuchs“ wird von solchen Formblechen eingehend die Rede sein.

289.
Wellbleche.

β) Wellbleche werden vielfach mit Vorteil angewendet, und zwar sowohl derart gewellte Bleche, daß die Wellenbreite nicht kleiner ist als die Wellentiefe, wie dies gewöhnlich der Fall ist, oder auch solche, bei denen die Welle tiefer als breit ist, indem Rücken und Tal halbzyklindrisch geformt und durch lotrechte Ebenen verbunden sind, wie dies bei den sog. Trägerwellblechen stattfindet, welche durch *Hein, Lehmann & Co.* in Berlin eingeführt worden sind und nunmehr auch von anderen Anstalten erzeugt werden.

Die flachen Wellbleche werden in Dicken von 0,5 bis 6,0^{mm} mit Wellenhöhen von 12 bis 75^{mm} bei einer Wellenbreite von 40 bis 230^{mm} hergestellt und besitzen etwa 1^m Breite und bis 4^m Länge. Die Trägerwellbleche kommen in Dicken von 1 bis 5^{mm} mit Wellenhöhen von 15 bis 140^{mm} und Wellenbreiten von 40 bis 150^{mm} vor, die Wellenbreiten als den Abstand zweier Wellenrücken gemessen; die größte Länge der Trägerwellbleche beträgt 4^m, die größte Breite 70^{cm}. Das Nähere über die üblichen Abmessungen der flachen und der Trägerwellbleche, ihrer Gewichte usw. wird in Teil III, Band 2, Heft 3 (Abfchn. 2, Kap. 6, b, unter 2) dieses „Handbuchs“ vorgeführt werden.

Gewöhnliches verzinktes Wellblech wird hauptsächlich zu Dachdeckungen benutzt; allein auch Wand- und Deckenkonstruktionen, sowie Tore, Türen und andere bewegliche Verchlüsse, ebenso Treppen usw. werden aus diesem Material hergestellt.

Das Trägerwellblech, in der Regel gleichfalls verzinkt, wird für gleiche Zwecke angewendet, namentlich dann, wenn es sich um große Belastungen handelt. Infolge seiner großen Tragfähigkeit ist es auch geeignet, unmittelbar, ohne besondere stützende Konstruktionsteile, als Träger aufzutreten; namentlich lassen sich mit bombierten Blechen freitragende Dächer ohne eigentlichen Dachstuhl herstellen, so daß Binderkonstruktion und Dachdeckung in einem einzigen Konstruktionsteile vereinigt sind.

290.
Tonnenbleche,
Buckelplatten
u. *Lindsay*-
Tröge.

γ) Für Deckenkonstruktionen (zur Ausfüllung der Balkenfache) werden bisweilen Tonnenbleche, Buckelplatten und *Lindsay*-Tröge verwendet.

Die Tonnenbleche werden bis zu 4^{qm} Größe bei den verschiedensten Längen- und Breitenverhältnissen und gewöhnlich 4 bis 10^{mm} Stärke, mit $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{8}$ Pfeil gebogen, in den Handel gebracht.

Die Buckelplatten, von *Mallet* eingeführt, sind gewöhnlich quadratisch oder länglich-viereckig gefaltet und haben eine leichte Erhöhung, einen sog. Buckel, welcher sich kugelfragmentförmig nach den Rändern hin verflacht, wo er in einen flachen Rand oder Saum übergeht. Die Längen und Breiten der Buckelplatten schwanken zwischen 1490 und 1180^{mm}, die Pfeilhöhe des Buckels zwischen 130 und 75^{mm}, die Blechdicke von 6,5 bis 10^{mm}.

Die *Lindsay*-Tröge werden als Platten mit verstärktem Mittelteil gewalzt und dann rund oder kantig in die Trogform gebogen. Sie haben eine bedeutende Tragfähigkeit; selbst unter schweren Lasten kann man lichte Weiten bis zu 12^m ohne zwischengelegte Unterzüge damit überspannen.

7) Draht und sonstige Schmiedeeisenerzeugnisse.

291.
Draht.

α) Der Eisendraht kommt gegenwärtig in 42 verschiedenen Sorten nach Normalabmessungen, welche in einer Versammlung deutscher Fabrikanten zu Hagen am 11. Dezember 1873 als „Neue deutsche Drahtlehre“ angenommen wurden, in den Handel. Das Binden des Drahtes geschieht je nach seiner Stärke in Bündeln von 2, 5, 10, 25 und 50^{kg}.

Die neue Draht- und Blechlehre, welche auch für Drahtstifte und Nägel Gültigkeit hat, ist nach den Grundgedanken und Vorschlägen des Wiener Mechanikers *W. Kraft* angenommen worden. Dieselben sind kurz folgende:

a) Jede Nummer muß eine bestimmte Dicke bezeichnen, die von jedermann mit entsprechenden Instrumenten leicht und sicher gemessen werden kann.

b) Damit der Vergleich mit Tabellen entfällt, hat die Nummer gleichzeitig die Anzahl Maßeinheiten, welche die Dicke enthält, auszudrücken.

c) Die Unterschiede zwischen den einzelnen Nummern haben eine regelmäßige Zu- und Abnahme zu zeigen; die neue Lehre selbst aber soll dem Verbraucher die nötige Auswahl bei der wirklichen Verwendung gestatten, ohne dem Erzeuger das Aufbringen eines wohlverforgten Lagers übermäßig zu erschweren.

d) Diese allgemeine Lehre soll für die besonderen Bedürfnisse die gleiche Sprache und Bezeichnung gestatten und auf metrisches Maß gegründet sein.

Für größere Drähte und Bleche sind die Abstufungen der Abmessungen nach Zehntel-Millimeter als Einheiten, für feinere nach Hundertel-Millimeter unter möglichster Beibehaltung der bisherigen Handelsgebräuche durchgeführt. Dadurch bekam die *Kraft'sche* Lehre 42 Nummern, wovon die gröberen 30 Nummern in Abstufungen von 0,6 bis 0,1 mm Unterschied sich teilen, während die feineren 0,05, 0,03 und 0,02 mm Unterschiede zeigen; dabei ist für die Bezeichnung die Bruchform gewählt, so daß der Zähler die Anzahl der Zehntel-Millimeter, der Nenner die Anzahl der Hundertel-Millimeter angibt. Nr. $\frac{3}{1}$ heißt deshalb: ein Draht oder Blech von $0,3 \div 0,01 \text{ mm} = 0,31 \text{ mm}$ Durchmesser, bezw. Dicke und wird gelesen: „Nr. Drei-Eins“.

Gegenüber den bisherigen Lehren für Draht, Blech und Bandeißen, den englischen, französischen und Dillinger, stellt sich die neue Millimeterlehre wie folgt:

Neue deutsche (<i>Kraft'sche</i>) Dicke Lehre (in Millim.)	Nr. 100	94	88	82	76	70	65	60	55	50	46	42	38	34	31	28	25	22	20	18	16
Engl. Lehre:	Nr. 28	—	27	26	—	25	—	24	23	—	22	21	20	19	18	—	18	15	14	13	12
Franz. Lehre:	Nr. —	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	11	—	13	—	—
Dilling. Lehre:	Nr. 14	13	12	11	10	9	8	7	6	$\frac{5}{6}$	5	$\frac{3}{4}$	4	$\frac{3}{7}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{2}{2}$	2
Neue deutsche (<i>Kraft'sche</i>) Dicke Lehre: (in Millim.)	Nr. 1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,37	0,34	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,2
Engl. Lehre:	Nr. 17	—	18	19	20	21	22	23	25	—	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Franz. Lehre:	Nr. 10	9	8	7	6	5	4	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dilling. Lehre:	Nr. —	—	—	—	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Der Draht kommt als gröberer Walzdraht und feinerer gezogener Draht in den Handel. Außer dem runden Draht wird auch solcher mit flachem, halbrundem, dreikantigem ufw. Querschnitt erzeugt, endlich auch solcher mit Stacheln, sog. Stacheldraht, der in Europa von *Felten & Guillaume, Carlswerk* in Mühlheim a. Rh. eingeführt worden ist.

Der Draht kommt an und für sich, bald ohne Überzug, bald verzinkt oder verzinkt (galvanisiert) im inneren Ausbau zur Anwendung; allein auch Drahtseile, Drahtketten, Drahtgeflechte ufw. werden im Hochbauwesen vielfach benutzt¹⁷²⁾.

β) Geschmiedete Nägel und Drahtstifte werden in Packeten nach dem Gewichte, unter gleichzeitiger Angabe der annähernden Stückzahl, verkauft. Die Länge derselben wird in Millimetern, ihre Dicke in den Nummern der *Kraft'schen* Lehre angegeben.

Die für die verschiedenen Zwecke gebräuchlichen Bezeichnungen des gewöhnlichen Lebens, als Schiff-, Boden-, Latten-, Brett-, Schindel-, Schloß-, Schiefnägel ufw. bezeichnen geschmiedete Nägel, deren Abmessungen nicht scharf eingehalten sind und deren Form auch nach örtlichem Gebrauch wechselt. Die nach den verschiedenen Gewerben bezeichneten und entsprechend geformten Bau-, Wagner-, Schlosser-, Glafer-, Schreiner-, Schiefer-, Pappdach-, Tapezier-, Rohr- ufw. Stifte ufw. unterscheiden sich hauptsächlich in der Form der Köpfe und in der Art der Aufrauung des Halses und der Seitenrippen. Die Dicken folgen der Drahtlehre, die Längen dem Verbindungszwecke.

292.
Nägel
und
Drahtstifte.

¹⁷²⁾ Siehe auch:

JAPING, E. Draht und Drahtwaren ufw. Wien 1884.

FEHLAND, H. Die Fabrikation des Eifen- und Stahldrahtes, gewalzt und gezogen, sowie der Drahtstifte. Weimar 1886.

293.
Niete
und
Schrauben.

γ) Nieten und Schrauben sind vielfach gebrauchte Verbindungsmittel. Über Form und Abmessungen der ersteren, sowie auch der sog. Mutter-schrauben wird noch in Teil III, Band 1 (Abt. I, Abfchn. 3, Kap. 3: Konstruktions-elemente in Eisen) dieses „Handbuches“ die Rede sein.

Holzschrauben werden nach Länge und Stärke, auch nach der Form des Kopfes, welcher flach oder kugelförmig sein kann, unterschieden; die flachköpfigen werden in die Holzfläche eingelenkt. Holzschrauben werden in Packeten zu je 144 Stück verkauft; die gangbarsten Sorten sind jene von 25 mm Länge und 3,2 mm Durchmesser bis zu 75 mm Länge und 10 mm Durchmesser.

294.
Röhren.

δ) Schmiedeeiserne Röhren sind als gezogene, als gewalzte und als nahtlose Rohre zu unterscheiden. Nur die ersteren, welche bloß einem schwachen Druck ausgesetzt werden können, finden im Hochbauwesen ausgedehntere Anwendung, und zwar hauptsächlich zu Gasleitungen, weshalb sie wohl auch schlechtweg Gasröhren genannt werden. Indes werden sie auch zu anderweitigen Leitungen, bisweilen mit Überzügen von Zinn oder Zink versehen, sowie auch zu mannigfaltigen sonstigen Zwecken häufig benutzt. In Fällen, wo man bei tunlichst geringem Eigengewicht möglichst steife Stangen oder Stäbe erzielen will, bilden schmiedeeiserne Röhren ein vortreffliches Material.

Im Handel kommen die Gasröhren in nachstehenden Abmessungen vor:

Lichte Weite		Äußerer Durchmesser der Röhre	Äußerer Durchmesser des Gewindes	Tiefe des Gewindes	Zahl der Gewinde auf 1 Zoll engl.	Gewicht für 1 m
$\frac{1}{4}$	6,4	12,5	12,5	0,8	19	0,70
$\frac{3}{8}$	9,5	16,0	16,0	0,8	19	0,82
$\frac{1}{2}$	12,7	20,0	20,0	1,0	14	1,02
$\frac{5}{8}$	15,9	23,5	23,5	1,0	14	1,20
$\frac{3}{4}$	19,1	26,5	26,5	1,0	14	1,85
1	25,4	33,0	33,0	1,6	11	2,79
$1\frac{1}{4}$	31,8	41,0	41,0	1,6	11	3,94
$1\frac{1}{2}$	38,1	48,0	48,0	1,6	11	5,33
2	50,8	60,0	60,0	1,6	11	6,40
Zoll engl.	Millim.	Millimeter				Kilogr.

Die erst in den letzten Jahren erzeugten nahtlosen Rohre, auch *Mannesmann*-Rohre genannt, werden unmittelbar aus einem vollen runden Block zwischen Walzen oder Scheiben derart ausgewalzt, daß die letzteren in den arbeitenden Flächen einander entgegengerichtet laufen, so daß das Arbeitsstück selbst sich mitdrehen muß. Solche Rohre halten einen Arbeitsdruck von 50 kg für 1 qcm aus. Dieses vorzügliche Material dürfte im Hochbauwesen nur in seltenen Fällen Verwendung finden¹⁷³⁾.

d) Stahl.

295.
Schweißstahl.

Bereits früher wurde gesagt, daß der Stahl in Schweißstahl und Flußstahl zu trennen ist. Unter Schweißstahl versteht man das im teigigen Zustand durch das Herdfrisch- oder Puddelverfahren gewonnene schmiedbare, merklich härtbare, nicht schlackenfreie Material. Will man das Herstellungsverfahren besonders hervorheben, so kann man Herdfrischstahl und Puddelstahl unterscheiden. Das

¹⁷³⁾ Über Fabrikation von Röhren siehe: Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfl. 1900, S. 361.

Schweißen des Stahls heißt Gärben; deshalb wird der Schweißstahl auch Gärbstahl genannt.

Das Frischverfahren wurde bereits in Art. 258 (S. 257) kurz erläutert. Wird festem Roheisen durch Oxydation Kohlenstoff entzogen, so entsteht schweißbarer Guß- oder Glühstahl; den ganzen Vorgang nennt man Glühfrischen. Auch das Puddelverfahren wurde an der gleichen Stelle kurz erklärt.

Den Ausführungen in Art. 231 (S. 240) entsprechend ist Flußstahl das im flüssigen Zustande nach dem Tiegel-, *Bessemer*-, *Thomas*- oder *Martin*-Verfahren hergestellte schmiedbare, merklich härtbare, schlackenfreie Material. Will man auch hier das Herstellungsverfahren betonen, so können die Bezeichnungen Tiegel-Flußstahl, *Bessemer*-Flußstahl, *Thomas*-Flußstahl und *Martin*-Flußstahl gewählt werden, wobei der Name „Tiegel-Flußstahl“ mit der sonst auch üblichen Bezeichnung „Gußstahl“ zusammenfällt.

In Art. 264 (S. 259) wurde bereits kurz erläutert, wie Flußmetall dargestellt wird. Soll dabei Stahl erzeugt werden, so wird meistens Roheisen und Schmiedeeisen zusammengeschmolzen; der Vorgang heißt dann Stahlkohlen. Man kann aber auch dem Eisen, dem man nahezu sämtlichen Kohlenstoff entzogen hat, wieder reinen Kohlenstoff (in Form von Holzkohle) zuführen; ändert sich dabei der feste Aggregatzustand des Eisens nicht, so entsteht Zementstahl; wird eine Schmelzung vorgenommen, so wird Kohlenstahl erzeugt.

Größere Stahl schmiedestücke und andere größere Gegenstände werden durch unmittelbaren Guß des Flußstahls in entsprechende Malleformen hergestellt; auf diese Weise entsteht der Stahlformguß oder Stahl-Fallonguß. Sollen feinere Formstücke erzeugt werden, so werden sorgfältig ausgewählte Stahlstücke vor dem Guß durch Umschmelzen in feuerfesten Tiegeln verfeinert; solches Material heißt alsdann Tiegelgußstahl oder kurzweg Gußstahl.

Ahnlich, wie bei Schweiß- und Flußeisen kann auch hier die Form als Blech, Stab oder Draht durch Vorsetzen der Benennung Flußstahl gekennzeichnet werden, indem man die Namen Flußstahlblech, Flußstahldraht usw. wählt.

Der Stahl wird im Hochbauwesen verhältnismäßig nur selten als Konstruktions-Material verwendet, desto häufiger jedoch im inneren Ausbau. Insbesondere sind es die Eigenschaften großer Elastizität, Festigkeit und Zähigkeit, welche ihn für diese Zwecke hervorragend geeignet erscheinen lassen; dieselben werden noch dadurch erhöht, daß man den Stahl nach Bedarf härter oder weicher machen kann. Die natürliche und künstliche Härte nimmt mit dem Kohlenstoffgehalt ab und zu. Allgemein anerkannte Normalabstufungen für die Härte des Stahls, also allgemein anerkannte Härtegrade, bestehen dafür zur Zeit noch nicht. Der deutsche Werkzeugstahl (Tiegelstahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,75 bis 1,50 Vomhundert) wird in der Regel in 6 bis 7 Härtenummern in den Handel gebracht; er wird mit einer Papierbeklebung versehen, auf welcher Härtenummer und Kohlenstoffgehalt angegeben sind; außerdem zeigt die Beklebung eine Anlaufarbe.

Stahl besitzt auf der höchst feinkörnigen und gleichmäßigen Bruchfläche bei lichtgrauweißer Farbe einen eigentümlichen samtartigen Glanz. Die Feinheit des Kornes nimmt mit dem Raffinieren zu; Arbeitsfehler lassen sich leicht durch das Korn erkennen. Selbstverständlich gelten die Forderungen auf Abwesenheit von Rot- und Kaltbrüchigkeit auch beim Stahl, wobei berücksichtigt werden muß, daß gehärteter Stahl sehr spröde und kalt nicht schmiedbar und biegsam ist. Im allgemeinen ist stets der härtere Stahl auch der festere; hingegen besitzt der angelassene größere Zähigkeit. Gegossener Stahl ist weniger fest als geschmiedeter, gewalzter und Flußstahl.

Angaben über das Einheitsgewicht des Stahls und seiner Ausdehnungsziffer bei Temperaturerhöhungen wurden bereits in Art. 238 u. 239 (S. 244) gemacht. Nach *Mehrtens* beträgt das Einheitsgewicht 7,5 bis 8,0; ungehärteter Stahl

296.
Flußstahl.

297.
Eigenschaften.

298.
Gewicht.

hat ein größeres Einheitsgewicht als gehärteter. Nach den „Normalbedingungen usw.“ ist das Eigengewicht des Flußstahls zu 7850 kg für 1^{cbm} anzunehmen.

299.
Elastizität.

Nach den Versuchen von *Bausfingher, Duleau, Gerftner, Jenny, Kerpely, Morin, Rößling, Styffe, Tredgold, Tresca, Wertheim* u. a. schwankt die Elastizitätsziffer des Stahls zwischen 1428 und 2740^t für 1^{qcm}; nach *Winkler* kann man dieselbe im Mittel zu 2200^t für 1^{qcm} einführen. Seine Elastizitätsgrenze für Zug und Druck bewegt sich zwischen 1,83 und 7,00^t für 1^{qcm}, kann jedoch, demselben Fachmann zufolge, zu 3,5^t für 1^{qcm} angenommen werden. Annähernd beläuft sich die Elastizitätsgrenze auf $\frac{3}{5}$ der Festigkeitsziffer.

300.
Zugfestigkeit
und
Zähigkeit.

Die Zugfestigkeit des Stahls ist ziemlich veränderlich. Dieselbe wird mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt erhöht; beim Gußstahl hat außer der Menge des chemisch gebundenen auch die des nicht gebundenen Kohlenstoffes Einfluß. Die Menge des nicht gebundenen Kohlenstoffes wird durch Umschmelzen vermindert, die Festigkeit dadurch erhöht; *Fairbairn* und *Guettier* fanden die größte Zugfestigkeit nach 8 bis 12-maligem Umschmelzen. Dehnbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Stöße usw. nehmen bei Zusatz von Kohlenstoff ab.

Bausfingher, Dahlmann, Gerftner, Jenny, Rennit, Tresca, Wöhler u. a. haben Versuche über die Zugfestigkeit angestellt; die ermittelten Durchschnittswerte schwanken zwischen 4990 und 14300 kg für 1^{qcm}. Nach *Winkler* kann man im Mittel für harten Stahl 6500, für mittelharten 5500 und für weichen 4500 kg für 1^{qcm} annehmen.

Den Einfluß des Kohlenstoffgehaltes auf die Zugfestigkeit des Stahls drückt *Weyrauch* auf Grundlage der *Bausfingher'schen* Versuche durch $4,35(1+n^2)$ aus, wenn n den Kohlenstoffgehalt in Prozenten angibt.

Die Zugfestigkeit von Stahldraht ist von *Fairbairn, Jenny* und *Rößling* untersucht und zu 8800 bis 19900 kg für 1^{qcm} gefunden worden. Nach *Winkler* läßt sich der betreffende Koeffizient zu $1,10 + \frac{4,1}{d}$ Tonnen für 1^{qcm} annehmen, wenn d die Drahtdicke (in Millim.) bezeichnet.

Nach *Mehrtens* kann die Zugfestigkeit des weichsten Flußstahls zu 4500, des weichen Flußstahls zu 5000, des mittelharten Flußstahls zu 5500, des harten Flußstahls zu 6000, des sehr harten Flußstahls zu 6500, der verschiedenen Sorten von Tiegelgußstahl zu 4500 bis 14000 und des Gußstahldrahtes zu 8000 bis 25000 kg für 1^{qcm} angenommen werden. Die Dehnung (für 20^{cm} Länge) beziffert sich bei denselben Sorten des Flußstahls bzw. zu 22, 19, 16, 14, und 10 Vomhundert, bei den verschiedenen Sorten von Tiegelgußstahl zu 0,7 bis 10 Vomhundert.

Nach den „Normalbedingungen usw.“ sollen die aus Flußstahl herzustellenden gegoffenen oder geschmiedeten Teile (Auflagerteile oder dergl.) eine Festigkeit von 4500 bis 6000 kg für 1^{qcm} und eine Dehnung von mindestens 10 Vomhundert aufweisen.

Man ist seit langer Zeit bemüht, dem Eisen und Stahl durch Beimengen von anderen Metallen, namentlich Mangan, Nickel, Chrom und Kupfer, eine größere Festigkeit, sowie auch vermehrte Zähigkeit zu verleihen. Innerhalb gewisser Grenzen ist dies auch gelungen, und die unten genannte Quelle¹⁷⁴⁾ gibt näheren Aufschluß über in dieser Richtung mit Manganstahl, mit Nickelstahl, Chromstahl und Kupferstahl angestellte Versuche. Danach scheinen Festigkeit und Zähigkeit namentlich beim Manganstahl sehr bedeutend zu sein, da man bei einer Zumischung von etwa

174) WEYRICH, C. Über Stahlgemische durch Zusatz von Metallen. Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 246.

14 Vomhundert Mangan und 1 Vomhundert Kohlenstoff eine Festigkeit von etwa 10000 kg für 1 qcm bei 50 Vomhundert Dehnung erreicht hat.

Für die Druckfestigkeit des Stahls liegen Versuche von *Bauschinger*, *Kirkaldy* und *Wade* vor; je nachdem das Verhältnis der Höhe des Probekörpers zu seiner Dicke verschieden war, erhielt man auch ungemein abweichende Ergebnisse; die Mittelwerte derselben schwanken zwischen 1400 und 10900 kg für 1 qcm. Nach *Heinzerling* beträgt die Bruchfestigkeit etwa $\frac{7}{8}$ der Zugfestigkeit.

Die Biegezugfestigkeit hängt zum Teile von der Form des Querschnittes ab; bei I-förmiger Gestalt kann man nach *Winkler* den Koeffizienten für Biegezugfestigkeit jenem für Zugfestigkeit gleichsetzen.

Die Abscherungsfestigkeit läßt sich, ähnlich wie beim Schmiedeeisen, zu $\frac{4}{5}$ der Zugfestigkeit annehmen.

Die Widerstandsfähigkeit des Stahls gegen das Rosten ist geringer als beim Gußeisen, aber größer als beim Schweiß- und Flußeisen.

Nach den in Art. 250 (S. 253) bereits erwähnten Versuchen *Gruner's* verlieren Platten aus gewöhnlichem (kohlenstoffhaltigem) Stahl durch feuchte Luft im Laufe von 20 Tagen etwa 3 bis 4 g für je 2 qdm Oberfläche an Gewicht; Chromstahl ist der Rostbildung mehr unterworfen als gewöhnlicher Stahl; Wolframstahl hingegen rostet weniger leicht als dieser. In 9 Tagen verlieren Platten aus gewöhnlichem Stahl durch Seewasser auf je 2 qdm Oberfläche 1 bis 2 g, aus *Bessemer*-Stahl 3,5 g an Gewicht; gehärteter Stahl wird weniger als zweimal geglühter Stahl angegriffen, weicher Stahl weniger als Chromstahl und Wolframstahl weniger als gewöhnlicher Stahl von gleichem Kohlenstoffgehalt. Angefäuertes Wasser löst Stahl weniger schnell als Gußeisen.

Stahl wird sowohl in Stabform, wie auch als Blech und Draht in den Handel gebracht.

Das Stahlblech findet mannigfaltige Anwendung zu Rolljalousien u. dergl., der federnde Stahl zu Türschlössern usw.

Aus Flußstahl kann man in fertiger Form durch Guß Gegenstände (Maschinenbestandteile) herstellen, daher die Bezeichnung Stahlgußwaren.

e) Rostschutzmittel.

In Art. 240 (S. 244) wurden bereits Entstehen und Weiterbildung des Rostes auf Eisen und Stahl erläutert und dadurch gezeigt, wie die Dauerhaftigkeit dieser Materialien durch den allgegenwärtigen Sauerstoff in Verbindung mit Feuchtigkeit und Kohlenäure in wesentlicher Weise herabgemindert wird. Da durch den Rost auch die Tragfähigkeit unserer Eisenkonstruktionen verringert wird, so erhellt daraus die Notwendigkeit, Eisen und Stahl durch geeignete Schutzmittel tunlichst vor dem Rost zu bewahren.

Die bisherigen Erfahrungen haben entsprechend der Natur des Metalls allerseits den Beweis geliefert, daß nur eine vollständige und dauernde Abhaltung der feindlichen Elemente Sauerstoff, Wasser und Kohlenäure wirklichen Schutz gewähren kann. Vollständige Abhaltung wird allerdings durch Überzüge und Anstriche verschiedener Art erzielt; aber diese Vollständigkeit ist als Grundbedingung praktisch nur schwer durch richtige Auswahl des schützenden Materials und durch sorgfältige und fachgemäße Behandlung zu erzielen. Dauernde Abhaltung ist deshalb so schwer, weil sie selten ganz vollständig ist und weil auch die schützende Decke selbst Veränderungen erleiden kann, welche ihre Wirksamkeit schwächen oder aufheben.

Ein für die Dauer und für alle Verhältnisse völlig sicheres Mittel ist noch immer nicht vorhanden, ungeachtet mancher gegenteiliger Behauptungen, die in der Regel aus Kreisen herrühren, die einer oder der anderen einschlägigen Erfindung nahe stehen.

301.
Druck-,
Bruch- und
Abscherungs-
festigkeit.

302.
Rost-
vermögen.

303.
Handelsorten
und
Erzeugnisse.

304.
Schutzmittel.

Um Eisenkonstruktionen mit schützenden Überzügen zu versehen, kennt man verschiedene Verfahren und zwar: 1) Überzüge mit Eisenoxyd-Oxydul bei höherer Temperatur oder das sog. Brunieren; 2) Metallüberzüge auf trockenem und nassem Wege, wozu das Verzinnen, Verzinken oder Galvanisieren, das Verbleien, Vernickeln, Verkupfern und Bronzieren gehört; 3) Emailüberzüge; 4) Anstriche mit Ölfirnissen, denen verschiedene Basen zugesetzt werden, wie Bleimennige, Eisenmennige, Ocker, Zinkstaub, Graphit; 5) Anstriche mit Harzfirnissen und Metallseifen; 6) bituminöse Anstriche, und 7) Anstriche mit Zement und Wasserglas¹⁷⁵⁾.

305.
Brunieren.

Das Brunieren bewirkt systematisch und vollständig daselbe, was dem geschmiedeten Eisen vor dem gewalzten in bezug auf Rost so großen Vorzug verleiht: einen Überzug von Eisenoxydul-Oxyd, welcher außerordentlich festhaftet und je nach seiner Stetigkeit und Dicke die Unterlage mehr oder weniger vollständig und dauerhaft schützt. Es wurde schon in den sechziger Jahren von *Thirault* in St.-Etienne eingeführt und unabhängig von ihm in Rußland für Schwarzblech angewendet. Später haben *Barff*¹⁷⁶⁾ in London und *Bower*¹⁷⁷⁾ ebendasselbst das Verfahren weiter ausgebildet und in die große Eisenindustrie eingeführt. Das Hervorrufen des Überzuges geschieht in einem Flammofen mit Generatorfeuerung, in welchem die betreffenden Eisenstücke auf 600 bis 650 Grad C. erhitzt und einem Gasstrom ausgesetzt werden; hierauf läßt man die unvermischten und unverbrannten Generatorgase einwirken. Je nach der beabsichtigten Dicke des Überzuges (dieselbe schwankt zwischen 0,1 und 0,5 mm) muß man das Verfahren einige oder mehrere Male wiederholen.

Der so erzeugte Überzug ist nicht sehr biegsam; doch haben neuere Versuche, die mit Wellblech und sonstigem Dachdeckungsmaterial angestellt worden sind, gute Ergebnisse geliefert. Das Blech kann begangen und in mäßigem Grade gebogen werden, ohne daß die schützende Decke abspringt, und wo letzteres doch geschehen sollte, tritt das Rosten immer nur an der verletzten Stelle selbst ein, ohne sich auf deren Umgebung auszudehnen.

In neuerer Zeit hat *Arthur* einen schützenden Überzug von Magneteisen durch Behandeln des Eisens mit überhitztem Wasserdampf und Kohlenwasserstoff erzeugt; ebenso hat *Mérites* denselben dadurch hervorgebracht, daß das in ein Wasserbad von 70 bis 80 Grad C. gelegte Eisen eine längere Zeit der Wirkung des elektrischen Stromes ausgesetzt wurde¹⁷⁸⁾.

306.
Metall-
überzüge.

Von den Metallüberzügen ist im allgemeinen zu bemerken, daß sie die dauerhaftesten sind und besser haften als andere Überzüge, auch Temperaturschwankungen ihrer wenig vom Eisen sich unterscheidenden Ausdehnungsziffer halber leichter ertragen; allein einerseits können selbst unmerkliche Unterbrechungen des Überzuges durch galvanische Wirkung das Rosten geradezu befördern, wenn das Überzugsmetall diese Wirkung begünstigt und leitende Flüssigkeiten damit in Berührung kommen. Auch die technischen Schwierigkeiten der Behandlung großer Stücke und die bei der Montage nicht zu vermeidenden unter-

¹⁷⁵⁾ Über Rostschutzmittel im allgemeinen siehe:

TREUMANN, J. Über die Mittel zum Schutze des Eisens gegen das Rosten. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. in Hannover 1879, S. 379

Préservation du fer et de l'acier. Revue industr. 1881, S. 113.

Conservation du fer. Le génie civil. 1882, Nr. 6.

HARTMANN, F. Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verfilzen und das Überziehen von Metallen mit anderen Metallen überhaupt. Wien 1881 - 3. Aufl. 1892.

ANDÉS, L. E. Der Eisenrost, seine Bildung, Gefahren und Verhütung ufw. Wien 1898.

Nochmals die Rostschutzmittel und deren Wertbestimmung. Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1898, Wochausg., S. 521, 545.

¹⁷⁶⁾ Siehe: *The preservation of iron. Engng.*, Bd. 23, S. 193.

Die Conservirung von Eisenoberflächen. Masch.-Conftr. 1880, S. 249.

¹⁷⁷⁾ Siehe: Kein Rost mehr. WIECK's ill. Gwbztg. 1881, S. 229.

¹⁷⁸⁾ Siehe auch:

Schutz des Eisens gegen Rost durch Magnetisieren. Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1880, S. 407.

Das *Bower-Barff'sche* Verfahren Eisen vor Rost zu schützen. Journal f. Gasb. u. Waff. 1883, S. 121.

brechenden Durchlochungen usw. verhindern andererseits eine allgemeine Anwendung dieses Schutzmittels¹⁷⁹⁾.

Am allgemeinsten und mit dem besten Erfolge hat sich das Verzinken eingeführt, welches durch Eintauchen von vorher blank gebeiztem Eisen in geschmolzenes Zink bewerkstelligt wird, also die übliche Bezeichnung des Galvanisierens mit Unrecht führt. Galvanisierte Gegenstände haben weißgraue, matt glänzende Zinkfarbe mit strahligblumiger Oberflächentextur und leisten überall da äußerst dauernden Widerstand gegen Zerstörung, wo nicht schwefelige Säure, wie in der Nähe gewisser Fabriken, oder Salzsäure, wie am Meeresstrande, das Zink selbst angreifen. Nach *Pettenkofer's* Beobachtungen (an einem Zinkdach in München) waren 27 Jahre erforderlich, um 0,042 kg Zink für 1 qm (gleich einer Dicke von 0,006 mm) durch die atmosphärischen Einflüsse abzunutzen.

Das Zink geht oberflächlich mit dem Eisen eine unvollkommene Legierung ein, welche selbst dann noch schützt, wenn der Zinküberzug brüchig und abblättern geworden ist, was öfter, besonders an gebogenen Blechen, vorkommt. Am häufigsten werden Blech und Draht (vergl. Art. 286 u. 291, S. 279 u. 281) verzinkt; jedoch werden auch größere Konstruktionssteile bis 5 m Länge und 3 m Breite und darüber im Zinkbade überzogen. Wo Einwirkung von Säuredämpfen zu gewärtigen ist, hat man den Zinküberzug noch mit einem Überzuge von Blei versehen; diese Verbindung scheint für das Eisen den besten Schutz zu geben (siehe unten).

Hinsichtlich der erforderlichen Dicke des Zinküberzuges gehen die Meinungen auseinander. Nach den Erfahrungen der Fabriken soll er 0,07 bis 0,12 mm dick sein; nach den in Berlin erzielten Ergebnissen soll sich eine Verzinkung, die 0,6 bis 0,7 kg auf 1 qm wiegt, bewähren. *Gerber* ist für dünne, die meisten Konstrukteure jedoch für dicken Überzug; letzterer führt bei Biegungen leicht Gefahren herbei¹⁸⁰⁾.

Das Verzinnen, hauptsächlich bei dünnen Blechen zur Herstellung von Weißblech (vergl. Art. 285, S. 279) im Gebrauch, wird in ähnlicher Weise vorgenommen, wie das Verzinken, erfordert aber viel größere Sorgfalt und schützt erfahrungsmäßig viel weniger sicher als das Zink, weil es in sehr dünner, zu Unterbrechungen geneigter Schicht nur mechanisch am Eisen hängt und begonnenes Rosten durch galvanische Wirkung auch unter dem Überzuge rasch fortpflanzt.

Das Verbleien wird entweder durch Aufgießen des geschmolzenen Metalls auf das gereinigte und erhitzte Eisen oder durch Eintauchen des Eisens in ein Bleibad vorgenommen und schützt wirksam gegen Schwefelsäure- und Salzsäuredämpfe; das Blei geht jedoch mit dem Eisen keine so feste Verbindung ein wie das Zink und wird auch schon des höheren Preises wegen weniger als dieses angewendet.

Einige Anstalten erzeugen nach dem *Rabatel'schen* Verfahren verbleitverzinkte Bleche, die zuerst mit einem Zinküberzuge versehen und hierauf verbleit werden, welche also eine doppelte Schutzschicht erhalten haben. Man benutzt dieselben hauptsächlich zur Dachdeckung solcher Gebäude, in denen oder in deren Umgebung sich viele Säuren entwickeln (Gasanstalten, chemische Fabriken usw.¹⁸¹⁾.

Nach den „Normalbedingungen usw.“ muß, sobald eine Verzinkung, Verzinnung oder Verbleiung von Eisenteilen stattfinden soll, diese als ein das Eisen vollständig bedeckender, gleichmäßiger, guthaftender Überzug hergestellt werden.

Das Verkupfern, das Vernickeln und das Bronzieren¹⁸²⁾ geschieht meistens auf elektrischem Wege, wobei besonders darauf zu achten ist, daß die auf das Eisen niedergeschlagene Metallschicht einen genügend dicken, vollkommen deckenden Überzug bildet.

¹⁷⁹⁾ Siehe:

HARTMANN, F. Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verfählen und das Ueberziehen von Metallen mit anderen Metallen überhaupt etc. Wien 1881. — 3. Aufl. 1892.

Zum Ueberziehen von Eisen mit Metallen. WIECK's ill. Gwbztg. 1881, S. 190.

Verfahren zum Ueberziehen eiserner Bolzen, Stangen, Bleche, Nägel usw. mit Metalllegierungen, um das Rosten oder die Oxydation derselben zu verhindern. Polyt. Journ., Bd. 145, S. 446. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1858, S. 56.

¹⁸⁰⁾ Ueber das Verfahren beim Verzinken des Eisens siehe: SCHUHMACHER. Die Verzinkung des Eisens. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 351.

Vergl. ferner: SIMONY R. Die Verzinkung des Eisens. Deutsche Bauz. 1875, S. 2.

Erfahrungen in Betreff verzinkten Eisens für Bauzwecke. Deutsche Bauz. 1881, S. 417.

Das verzinkte Eisen und seine Anwendung. Deutsche Bauz. 1887, S. 165, 171, 177.

¹⁸¹⁾ Siehe: LEONHARDT, O. Schutzmittel des Eisens. Verzinkung und Verbleiung. GLASER's Ann. f. Gwbe. u. Bauw., Bd 11, S. 251.

¹⁸²⁾ Siehe auch:

KRAFFT. *Nouveau mode de préservation du fer. (Bronzage à la vapeur et bronzage à Pair.) Annales des ponts et chaussées* 1878—II, S. 370.

Das Ueberziehen der Metalle auf galvanischem Wege. Maschinenb. 1882, S. 188.

Cuivrage de la fonte et du fer. Revue industr. 1883, S. 361.

*Fleitmann*¹⁸³⁾ stellt auch nickelplattierte Eisenbleche und -Drähte her, nachdem es ihm gelungen ist, Nickel durch einen geringen Zusatz von Magnesium schweißbar und mit Eisen legierbar zu machen. Dadurch wird das galvanische Vernickeln vorteilhaft ersetzt¹⁸⁴⁾.

307.
Schutz-
anstriche.

Die Anstriche, welche auf die Eisenteile zum Zwecke des Rostschutzes aufgetragen werden, sind sowohl, was ihre Zusammenfetzung als auch ihre Anwendbarkeit anbelangt, sehr verschieden; stets aber soll dem eigentlichen Anstrich das Grundieren vorangehen. Vor dem Grundieren ist das Eisen sorgfältig von Rost und den Resten früherer Anstriche zu reinigen. Wenn möglich, also bei Neubauten, wird die Reinigung zuerst auf mechanischem Wege — durch Scheuern und Bürsten — und hierauf auf chemischem Wege — durch Beizen in einem Bade von verdünnter Salzfäure — vorgenommen. Aus letzterem kommt das Eisen in ein Kaltwasserbad, damit etwaige Säurereste neutralisiert werden, alsdann in ein Bad von reinem, heißem Wasser. Das aus diesem Bade herausgenommene Eisen ist in kürzester Zeit trocken und wird nunmehr grundiert.

Das Grundieren geschieht mit Leinölfirniß, in welchen Mineralfarben abgerieben sind, oder mit Spiritus-Lackfirniß (alkoholischer Harzlösung). Leinölfirnisse haben den Nachteil, daß sie langsam trocknen und dann nicht recht fest werden, wenn auf den noch nicht getrockneten Anstrich ein Niederschlag erfolgt. Als Mineralfarbe für den Leinölfirniß verwendet man Bleimennige oder Eisenmennige. Erstere bildet mit dem Eisen eine sehr harte Verbindung; auch reine Eisenmennige eignet sich gut und wird von mancher Seite der Bleimennige vorgezogen. Nicht zu empfehlen ist Eisenmennige mit einem größeren Tongehalt; die Farbe zieht infolge des Tongehaltes Wasser an und bleibt weich; Eisenmennige mit 20 Vomhundert oder mehr Tongehalt soll nicht verwendet werden. Eisenmennige mit Spiritus-Lackfirniß gibt einen guten Grundierungsfirniß.

Auf das Grundieren folgt der eigentliche Deckanstrich, für welchen gleichfalls Leinölfirnisse und Spiritus-Lackfirnisse mit verschiedenen Mineralfarben in Anwendung sind. Nach *Treumann* ist für der Atmosphäre ausgesetzte Anstriche reiner, besser Leinölfirniß jedem anderen Firniß vorzuziehen. Als Mineralfarben für diese Deckanstriche werden Bleiweiß oder Zinkweiß, in neuerer Zeit auch mit gutem Erfolge Litophone (eine Zinksulphidfarbe) verwendet. Zinkweiß ist nicht zu empfehlen, da es, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, nur kurze Zeit hält. Gut ist Bleiweiß; daselbe wird sehr wetterbeständig, wenn dem letzten Deckanstrich ein Zusatz von Kreide gegeben wird (12 bis 15 Vomhundert der fertigen Farbe). Auch Graphit und Zinkstaub (metallisches Zink in feinsten Pulverform) wird sehr gelobt; mit Leinölfirniß und Kreidezusatz angestrichen soll sich ein sehr dauerhafter Anstrich ergeben.

Ähnlich verhalten sich die Harz- und Metallseifenanstriche; sie haften, wenn sehr dünn aufgetragen, besser als Ölanstriche, geben aber mit Wasser aufquellende und daher nicht mehr schützende Emulsionen, daher sie im Wasser selbst nichts taugen.

Zu letzterem Zwecke eignen sich besser die bituminösen Anstriche aus Teer mit Kalkstaub, aus Goudron, aus Asphalt, welche aber auf heißes Metall aufgetragen werden müssen; ferner der Marineleim und besonders das von der deutschen Armeeverwaltung als ausschließliches Rostschutzmittel eingeführte Kautschuköl von *Dr. Beckers*¹⁸⁵⁾.

Zementanstriche, aus sehr fein gepulvertem, langsambindendem Portlandzement, entweder mit Wasser oder besser mit entrahmter Milch angerührt, haben sich sehr gut bewährt; sie haften gut, schützen bei gehöriger Dicke sicher und dauerhaft, aber springen bei heftigen Erschütterungen ihrer zunehmenden Sprödig-

¹⁸³⁾ Neueste Erfindungen und Erfahrungen 1881, VIII, S. 503.

¹⁸⁴⁾ Näheres über diejenigen Verfahrungsweisen, die hauptsächlich für Dekorierungszwecke angewendet werden, siehe: DÜRRE, E. F. Die Herstellung äußerer Ueberzüge auf Gußeisen zum Schutz gegen Oxydation und Verzierung. Deutsche Ind.-Ztg. 1877, S. 5.

¹⁸⁵⁾ Siehe hierüber: Neueste Erfindungen und Erfahrungen 1881, XIII, S. 631.

keit halber später leicht ab. Die Niagarabrücke ist mit Zement vortrefflich konserviert, und die Schiffsböden werden bereits seit längerer Zeit damit bekleidet¹⁸⁶⁾.

Wasserglas teilt die Sprödigkeit des Zements, schützt aber sonst gut. Seit etwa 10 Jahren werden sog. Silikatanstriche, d. i. Wasserglaskompositionen, wieder lebhaft empfohlen.

Nach *Ebert's* Mitteilungen¹⁸⁷⁾ wurde 1892 an einer im neuen Güterbahnhofe zu München erbauten Eisenbahnbrücke die Erprobung verschiedener Anstrichmittel eingeleitet. Neun nebeneinander liegende Brückenfelder wurden je mit einer besonderen Anstrichfarbe unterzogen; sämtliche Eisenteile werden mit Bürsten gereinigt, mit Leinölfirniß grundiert und mit einem dreimaligen Deckenanstrich wie folgt verfahren:

- Brückenfeld Nr. 1 mit einer Farbenmischung aus 75 Vomhundert Eisenmennige und 25 Vomhundert Zinkgrau,
 „ Nr. 2 mit Berliner Dauerfarbe,
 „ Nr. 3 mit *Rathjens* Komposition¹⁸⁸⁾,
 „ Nr. 4 mit *Pflug'scher* Platinfarbe,
 „ Nr. 5 mit *Rometsch's* Platinfarbe,
 „ Nr. 6 mit *Beßjemer*-Farbe,
 „ Nr. 7 mit Dr. *Graf's* Schuppenpanzerfarbe,
 „ Nr. 8 mit Bleimennige,
 „ Nr. 9 mit Farbe Nr. 1.

Nach vierjährigem Bestande wurde eine erstmalige Befichtigung vorgenommen und gefunden, daß alle verwendeten Anstrichfarben sich bis dahin zufriedenstellend bewährt haben, keine davon aber derart, daß sie den anderen gegenüber bevorzugt werden könnte.

Die Literatur über „Rostschutzmittel“ ist in den Fußnoten 175 bis 188, S. 286 bis 289 angegeben.

Email wird besonders für Abort- und Wasserleitungsgegenstände, sowie für Gefchirre usw. verwendet und besteht aus einer leichtflüssigen Bor- oder Zinnglasur, welche entweder auf die blank gebeizten Eisengegenstände oder unmittelbar auf den Gußkern aufgetragen wird.

308.
Emaillieren.

Ein gutes Email soll rasche Temperaturveränderungen ertragen, ohne Haarrisse zu bekommen. Man erhitzt daher Gegenstände, deren Glasur geprüft werden soll, bis zur Siedetemperatur des Wassers und bringt sie dann unmittelbar mit kaltem Wasser in Berührung. Sie dürfen auch nach oftmaliger Wiederholung dieses Verfahrens keine Sprünge oder Abblätterungen zeigen¹⁸⁹⁾.

Sind Eisenteile ammoniakhaltigen Dämpfen ausgesetzt, so ist Emaillierung das einzig zuverlässige Schutzmittel. Die Emaillierung wird in allen Farbentönen, vom stumpfsten Grau bis zum leuchtendsten Rot, hergestellt und hat besonders noch den Vorzug, die mitgeschützten Eisenteile den Wärmeinflüssen weniger zugänglich zu machen, so daß deren Verwendung an solchen Stellen besonders empfehlenswert ist, wo die erhitzende Einwirkung der Sonnenstrahlen vermindert werden soll.

¹⁸⁶⁾ Siehe hierüber:

KLASEN, L. Schutz des Eisens gegen Rost bei Hochbaukonstruktionen. Deutsche Bauz. 1879, S. 365.

Zementüberzug von Eisen zum Schutze gegen Rostbildung. Deutsche Bauz. 1879, S. 375.

Iron in Portlandcement. Building news, Bd. 39, S. 317.

¹⁸⁷⁾ In: Deutsche Bauz. 1896, S. 254.

¹⁸⁸⁾ Siehe: *Rathjens*-Patent-Composition. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 247.

¹⁸⁹⁾ Vergl. auch:

RANAU, P. Die Fabrikation der Emaille und das Emaillieren. Wien 1880.

Über das Emaillieren von Metallen. Polytechn. Journ., Bd. 237, S. 302.

Die Verwendung des emaillierten Eisens im Bauwesen und die künstliche Behandlung desselben zu dekorativen Zwecken. Deutsche Bauz. 1888, S. 378.

DIE TECHNIK DER WICHTIGEREN BAUSTOFFE.

2. Abschnitt.

Materialien des Ausbaues.

1. Kapitel.

Zink, Blei, Zinn und Nickel.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

a) Zink.

309.
Zink
als Baustoff.

Das Zink ist in seiner Verwendung als hervorragendes Ausbaumaterial ein Kind der Neuzeit. Obwohl es als Legierung schon von den Alten angewendet worden ist, so wurde es als Metall erst im XVI. Jahrhundert erkannt, und die Verwendung desselben in der Baukunst stammt erst aus den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts. Zwar hatten *Silvester* und *Hopson* schon 1805 in Sheffield die Bedingungen der Dehnbarkeit desselben aufgefunden und die Fabrikation von Zinkblech, sowie das Ziehen und Treiben von Zink begonnen; aber praktische Bedeutung in der Baukunst erlangte dieses Metall erst, als *Schinkel* und *Beuth* anfangs der dreißiger Jahre des vorigen Jahrhunderts die von *Moriz Geiß* in Berlin eingeführte Verbesserung des Zinkgusses in ihrer vollen Bedeutung würdigten; von da ab eroberte sich das Zink rasch eine außerordentlich mannigfaltige Verwendung. Im Ornamenten- und Figurenguß, als Deckmaterial und sogar als Ersatz für Stein ist es an vielen Orten in der Architektur unentbehrlich geworden. Formbarkeit, Dauerhaftigkeit und Leichtigkeit, verbunden mit mäßigen Anschaffungspreisen, sicherten dem Material den großen Erfolg.

Aber nicht bloß der von *Geiß* eingeführte Zinkguß, sondern auch die anderen Bearbeitungsweisen des Zinks, namentlich die Verwendung des Zinkbleches, das Walzen in Profilen, das Stanzen oder Pressen in Formen und in neuerer Zeit wieder das Treiben von Hand aus sind für die so außerordentliche Verbreitung des Gebrauches von Zink von größtem Werte geworden.

Während aus Zinkguß vorzüglich hohle Formen, Statuen, Vasen, Kandelaber, Voluten, Säulenkapitelle, Baluster usw., besonders auch zur Verkleidung von Eisenkonstruktionen hergestellt werden, entweder mit Farben- und Firnißbronzierung oder mit echt galvanischer Bronzierung versehen, dient das Zinkblech entweder in gefalteten Tafeln oder als Wellenzinkblech vorzüglich zur Dachdeckung, aber auch im gezogenen oder getriebenen Zustande zu allen Arten Gefsimen, Konfolen, Verkleidungen usw., während zum Formen von Rosetten und Flach- bis Halbreiefs und überhaupt von hohlen Formen ohne Unterschneidung

das Stanzen in Anwendung ist. Auch der aus gezogenem Walzzink mit Eisenverfärbung hergestellten Fensterrahmen mag gedacht werden.

Die technischen Eigenschaften des Zinks haben alle diese Bearbeitungsverfahren hervorgebracht. Der Zinkguß erlangte seine Bedeutung erst, nachdem das Hohlgießen in feuchten Sandformen bei einer dem Erstarrungspunkte schon nahen Temperatur, und zwar in kleinen Formen mit verhältnismäßig geringer Wandstärke, eingeführt war. Denn das geschmolzene Zink ist am dichtesten und zum Gusse geeignetsten bei niedrigen Temperaturen; sonst wird es porös und häufig mit Zinkoxyd verunreinigt und dadurch sehr spröde und brüchig (verbranntes Zink). Da außerdem bei großen Formen eine gleichmäßige Temperatur des Gusses nicht leicht zu erzielen ist, dafür aber das Löten sehr leicht angeht, so werden die größten Statuen ganz aus kleinen Stücken, die einzeln gegossen werden, zusammengelötet, und es kommt für die Festigkeit des Ganzen viel auf die zweckmäßige Einteilung der Lötungen an. Die Lötungen können auch ohne Zifolierung des Ganzen leicht unsichtbar gemacht werden.

Die Anwendung dünnwandiger Formen ist einerseits durch die infolge der Leichtflüchtigkeit des Zinks zu erzielende Sparfamkeit des Materials, andererseits durch seine beträchtliche Wärmeausdehnungsziffer bedingt. Dadurch wird Leichtigkeit und Billigkeit vereint mit Dauerhaftigkeit erzielt.

Zink hat nämlich unter allen Metallen nebst Blei die größte Ausdehnungsziffer. Nach *Pictet* beträgt dieselbe linear von 0 bis 100 Grad C. 0,003108, also fast das Dreifache der Ausdehnung von Eisen; zudem ist die Festigkeit von Gußzink eine sehr geringe; daher ist es erklärlich, warum dickwandige Gegenstände von geschlossenen Formen bei Temperaturextremen als Ergebnis der inneren Spannung Sprünge bekommen.

Eine höchst wertvolle Eigenschaft des Zinks ist es, durch Erhitzen des hexagonal blättrig kristallinischen Kauf- oder Gußmetalls bis über 100 Grad, aber unter 160 Grad, seine frühere Sprödigkeit zu verlieren und nun unter Annahme amorphen Gefüges dehnbar zu werden und diese Dehnbarkeit auch bei niedrigen Temperaturen, wenn auch in geringerem Grade, zu behalten. Darauf beruht seine Anwendung in Blech- und Drahtform, sowie die Herstellung gezogener Profile, gestanzter und getriebener Gegenstände¹⁹⁰⁾.

Der niedrige Schmelzpunkt (412 Grad C.) und die hohe Ausdehnungsziffer des Zinks beschränken nach anderen Richtungen hin seine Verwendung oder bedingen hierbei geeignete Vorichtsmaßregeln.

Die Verwendung des Zinks als Rostschutzmittel für Eisen ist bereits in Art. 306 (S. 287) besprochen worden; seine Rolle bei den Metallegierungen soll im folgenden Kapitel (unter b) behandelt werden.

Das Zink ist gegen die Atmosphären nur bis zu einem gewissen Grade widerstandsfähig: eine leichte Oxydschicht bildet sich, wenn Feuchtigkeit vorhanden, sehr rasch; aber eben diese schützt die unteren Partien sehr ausgiebig gegen das Weitereindringen der Zerstörung. Hingegen ist das Zink galvanischen Wirkungen gegenüber sehr empfindlich; man hat beobachtet, daß unmittelbare Berührung mit anderen Metallen bei Gegenwart von Regenwasser, welches häufig Spuren von Schwefelsäure enthält, rasche örtliche Zerstörung hervorrufen kann. Dieselbe Wirkung erzielen Kohlenteilchen, welche aus Schornsteinen auf Zinkdächer fallen; auch frischer Kalk-, Gips und Zementmörtel wirken in ähnlicher Weise zerstörend.

Das Einheitsgewicht des Zinks schwankt je nach seiner Struktur und Reinheit zwischen 6,85 und 7,30. Seine Elastizität ist gering; der Zahlenwert

310.
Eigenschaften.

311.
Dauerhaftig-
keit.

312.
Gewicht,
Elastizität und
Festigkeit.

¹⁹⁰⁾ Siehe: KALISCHER. Der kristallinische Zustand der Metalle. Polyt. Journ., Bd. 246, S. 486.

derfelben ift je nach den verschiedenen phyfikalifchen Zuftänden bei verfchiedener Temperatur und Bearbeitungsweife wechfelnd; nach *Thurfton* nimmt es fchon bei geringen Spannungen bleibende Formveränderungen an und überfchreitet die Elaftizitätsgrenze bei einem unbeftimmbaren, augenfcheinlich fehr niedrigen Punkte.

Die Zugfeftigkeit von Zink, und zwar von Gußzink (mit dem Einheitsgewichte 6,85), beträgt nach *Karmarſch* 198 kg für 1 qcm, zu Blech und Draht verarbeitet (bei einem Einheitsgewichte 7,3) aber 1315 bis 1560 kg für 1 qcm, während *Rankine* diefelbe allgemein zu 490 bis 560 kg für 1 qcm angibt. Nach *Tresca* beträgt die Abfcherungsfeftigkeit des Zinks 900 kg für 1 qcm.

313.
Handelsforten.

Das Zink kommt zu Gußzwecken in etwa 25 mm ftarken Platten als Kaufzink oder Gußzink in den Handel. Die großen Zinkhütten in Belgien und Schlefien verarbeiten das Zink hauptfächlich zu Blechen von verfchiedener Größe und Stärke; aus den Blechen werden auch Drähte und Nägel hergefellt, welche zur Befeftigung der Bleche bei Dachdeckungen dienen.

Die beiden größten Zinkerzeugungsfstätten liegen einerfeits in Belgien und in der benachbarten Rheinprovinz, der „Geſellſchaft *Vieille Montagne* für Bergbau und Zinkhüttenbetrieb“ mit ihrem Sitze in Chénée (Belgien) gehörig, andererfeits in Oberſchlefien, der „Aktien-Geſellſchaft für Bergbau und Zinkhüttenbetrieb“ zu Lipine angehörend. Numerierung nach Plattenftärken, Gewicht und Größe der Tafeln werden in Teil III, Band 2, Heft 5 (Abſchn. 2, F: Dachdeckungen) dieſes „Handbuches“ angegeben werden.

Zur Dachdeckung werden nicht allein Zinkblechtafeln, fondern auch Blechſchindeln, Blechziegel, Rauten und Schuppen verwendet. Schindeln und Ziegel aus Zinkblech, die den gewöhnlichen Dachziegeln nachgebildet find, werden fchon feit dem Beginn der dreißiger Jahre des vorigen Jahrhunderts erzeugt; aus denfelben find die verfchiedenen Rautenſyſteme entftanden, deren ältefte in die vierziger Jahre zurückreichen, und, um fichtbaren Dächern, Manfarden-, Kuppel- und Turmdächern größeren Reiz zu verleihen, kam man vom Rautenſyſtem auf die Eindeckung mit Schuppen. Näheres über dieſe Deckungsmaterialien ift in Teil III, Band 2, Heft 5 dieſes „Handbuches“ zu finden. Urkundenkaften in Grundfteinen werden aus Zinkblech hergefellt, nach Einlegen des in Wachſtuch gehüllten Inhaltes verlötet, auf 2 Mauerfteine geftellt und ringsum mit Asphalt umgoſſen.

314.
Schutz gegen
Zerftörung
und fonftige
Überzüge.

Zum Schutze des Zinks und zugleich zur Verdeckung der unſchönen matt blaugrauen Farbe deſelben dienen je nach dem Zwecke verfchiedene Anſtriche und Überzüge. Namentlich werden für Zinkgegenstände, welche nicht allzu großen Abnutzungen und Unbilden durch Wind und Wetter ausgeſetzt find, Sydramin- und Silikat-Farbenanſtriche mit Vorteil angewendet; auch Farbenanſtriche mit Lacküberzügen find üblich. Für Statuen, Vaſen, Kandelaber ufw. hat man nach metallifchen Überzügen geftrebt; aber erſt feit *Hoffauer* in Berlin 1854 das Bronzieren von Zinkgegenständen auf galvanifchem Wege mit Glück eingeführt hat, ift der Kunſtzinkguß mit der echten Bronze in achtbaren Wettbewerb getreten, da folche mit einer hinreichend dicken Bronzefchicht überzogene Gegenstände diefelbe ſchöne Farbe, den fanften Glanz und ſpäter die wertvolle Patina annehmen wie Statuenbronze. Heute werden die größten Statuen im galvanifchen Bade aus Kupfervitriol, Cyankalium und Zinkvitriol unter Anwendung ftarker Ströme in kurzer Zeit tadelloſ bronziert. Grüne Patina foll durch mehrfaches Überftreichen der gereinigten Fläche mit Kupfernitratlöfung, fodann mit einer Löfung von Hirſchhornſalz hervorgerufen werden. *Puſcher* in Nürnberg hat durch Behandlung der Zinkgegenstände mit baſiſch-eſſigſaurem Bleioxyd,

welchem verschiedene Oxydfarbstoffe zugefetzt werden können, sehr haltbare, besonders zur Steinnachahmung geeignete Überzugsverfahren erfunden, welche sich sehr gut bewähren sollen. *Böttger* hat ein namentlich für Dachdeckungen geeignetes Mittel durch Behandlung mit Kaliumchlorat und Kupfervitriol und weitere Behandlung mit einer verdünnten Lösung von Asphalt in Benzol gefunden, welches den Blechen eine schöne schwarze Farbe verleiht. In Frankreich verleiht man das zu Dachdeckungen dienende Zinkblech mit einem Bleiüberzug. (Siehe hierüber auch Teil III, Band 2, Heft 5 [Abschn. 2, F, Kap. 38] dieses „Handbuches“.)

Literatur

über „Zink als Baustoff“.

Zinc as a constructive material. Building news, Bd. 15, S. 429, 444.

Der Zink in seinen verschiedenen Verwendungsarten, besonders für die Anwendung des Zinkbleches im Baufach etc. Breslau 1857.

VOGEL, A. Das metallische Zink etc. München 1861.

Ueber Zinkgießerei. Maschinenb. 1873, S. 250.

KOLLER, TH. Ueber die praktische Bedeutung des Zinks. WIECK's ill. Gwbztg. 1881, S. 15.

b) Blei.

Unter den unedlen Metallen das weichste und schwerste, hat das Blei seiner außerordentlich leichten Formbarkeit halber, sowie wegen seines niedrigen Schmelzpunktes seit den ältesten Zeiten in der Baukunst Verwendung gefunden. Die große Weichheit, verbunden mit leichter Hämmerbarkeit und Walzbarkeit, hat seine Anwendung in Platten- und Blechform bei Monumentalbauten zu Dachdeckungen und zum Isolieren von feuchtem Untergrunde veranlaßt; auch dient es in dieser Form zu Zwischenlagen in Steinfugen und Holzverbindungen. Sehr verbreitet sind Bleiröhren für Wasser-, wohl auch für Gasleitungen, welche entweder gegossen oder gepreßt vorkommen; auch muß der für Wasserversorgung dienenden, innen verzinnten, sog. Mantelröhren Erwähnung geschehen. Leichte Weiten und Gewichte solcher Röhren werden in Teil III, Band 4 (Wasserversorgung der Gebäude) dieses „Handbuches“ angegeben werden.

315.
Blei
als Baustoff.

Bekannt ist auch die Verwendung des gezogenen Bleies bei Fensterverglasungen und des Bleigusses für Statuen und Ornamente. Als eine Art von mechanischem Mörtel dient das Blei zum Vergießen von Eisenteilen, die in Stein zu verletzen sind.

Die Dauerhaftigkeit von Blei ist eine sehr bedeutende; denn das rasche Erblinden blanken Bleies an feuchter Luft, herrührend von der Bildung von Bleiluboxyd, schützt das Innere einigermaßen vor weiterer Oxydation; Wasser, besonders Regenwasser, enthält weiße, darin schwebende Schuppen von Bleioxydhydrat, daher unter gewissen Umständen die Gefahr von gesundheitschädlichen Einwirkungen unverzinnter Bleiröhren bei Wasserleitungen.

Über das Verhalten des Bleies gegen chemische Einflüsse, denen es bei seiner Verwendung zu Leitungsröhren an der Luft, im Boden usw. ausgesetzt sein kann, hat *Knorre* eingehende Untersuchungen angestellt¹⁹¹⁾.

Durch diese ist festgestellt, daß Blei, welches sich in größeren Massen an der Luft befindet, eine ziemlich unbegrenzte Haltbarkeit besitzt, während es in feiner Verteilung durch Luft und Feuchtigkeit sehr rasch oxydiert wird. Trockene Luft und luftfreies Wasser wirken auf Blei nicht

¹⁹¹⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1887. S. 45.

ein. Durch die Anwesenheit geringer Mengen von Kohlenfäure und doppelkohlenfaurem Kalk wird die Oxydation des Bleies verhindert, dagegen durch faulende organische Stoffe, durch Chlor und Salpeterfäure befördert. Ätzkalk (Kalkhydrat) veranlaßt bei Luftzutritt die rasche Zerstörung des Bleies; in gleicher Weise verhalten sich salpeterfaure oder schwefelfaure Salze, selbst wenn sie nur in kleinen Mengen vorhanden sind. Durch Ratten werden Bleiröhren angenagt, Bleieindeckungen durch Holzwürmer durchbohrt.

Die Längenausdehnung des Bleies durch die Wärme beträgt bei 1 Grad C. Temperaturerhöhung linear 0,002848; der Schmelzpunkt ist bei 334 Grad C. gelegen.

316.
Bleiblech.

Zur Eindeckung von Dächern, Balkonen, Terrassen usw. wird in Frankreich sehr häufig, in Deutschland jedoch nur selten Bleiblech verwendet. Über die in Deutschland üblichen Handelsformate siehe Teil III, Band 2, Heft 5 dieses „Handbuches“.

317.
Gewicht,
Elastizität und
Festigkeit.

Das Einheitsgewicht des Bleies beträgt je nach der Reinheit 11,250 bis 11,445. Seine Elastizität ist, der großen Weichheit entsprechend, nur gering; nach *Rankine* beträgt die Elastizitätsziffer 50,620^t für 1^{qcm}. Auch die Zugfestigkeit ist gering; sie beträgt nach *Karmarsch* für gegossenes Blei 95^{kg}, für gewalzte Platten 83 bis 173^{kg} und für Bleidraht 213 bis 232^{kg} für 1^{qcm}. Die Druckfestigkeit wird von *Rennie* mit 540^{kg}, die Abscherungsfestigkeit von *Tresca* mit 120^{kg} für 1^{qcm} angegeben¹⁹²).

c) Zinn.

318.
Zinn.

Zinn ist ein weißes, stark glänzendes Metall, härter als Blei, welches sich hämmern und fein zu Zinnfolie (Stanniol) auswalzen läßt. Dieses wird als Isoliermittel zu Wandbekleidungen usw. benutzt. Schmelzpunkt bei 230 Grad C. Einheitsgewicht 7,3. Bleibt an der Luft blank und ist in Salzläure und konzentrierter Schwefelfäure löslich. Es wird zu Orgelpfeifen, zum Verzinnen von Eisen (Weißblech) und Zink, sowie zu Legierungen benutzt. Bei großer Kälte (–36 Grad) wird es spröde und zerfällt schließlich zu Pulver; auch wird es, wenn es beim Gießen unrichtig abgekühlt wird, kaltbrüchig. Früher wurde es vielfach zu Dachdeckungen benutzt, z. B. in Rothenburg o. T.; doch hat es sich dabei nicht bewährt. Nach einigen Jahren entstehen schwarze Flecke, welche sich zu Löchern ausbilden (Zinnkrebs).

d) Nickel.

319.
Nickel.

Nickel ist fast silberweiß mit einem gelblichen Schimmer, strengflüssig, ziemlich hart, sehr dehnbar und politurfähig. Einheitsgewicht 8,97. Es läßt sich walzen, schmieden und zu Draht ziehen. Früher beschränkte sich seine Verwendung auf die Darstellung des Neufilbers und später auf die Herstellung der Nickelmünzen; jetzt aber wird es für allerhand Legierungen und besonders für galvanische Überzüge (Vernickelung) von Metallgegenständen (Schmiedeeisen, Zink, Kupfer, Messing und Bronze) benutzt, um sie nicht nur gegen Oxydation (Rost) zu schützen, sondern ihnen auch ein schöneres Ansehen zu geben und weichere Metalle widerstandsfähiger zu machen.

¹⁹²⁾ Siehe auch: PERCY, J. *Metallurgy. Vol. III: Lead, including desilverization and cupelation.* London 1870.
– Deutlich von C. RAMMELSBURG. Braunschweig 1872.

2. Kapitel.

Kupfer und Legierungen.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

a) Kupfer.

Als das älteste unter allen Metallen und wegen seiner vortrefflichen Eigenschaften, die es zu den verschiedensten Gebrauchszwecken geeignet machen, hochgeschätzt, nimmt das Kupfer heute noch einen gewissermaßen aristokratischen Rang auch unter den Baustoffen ein, und es ist gewiß gerechtfertigt, wenn der Architekt zur Bedachung eines Monumentalbaues dem Kupfer als haltbarem Dachdeckungsmaterial in vielen Fällen den Vorzug vor anderen gibt. Seine technischen Eigenschaften: die hohe Festigkeit und Elastizität, die vorzügliche Dehnbarkeit und daher Formbarkeit, seine außerordentliche Dauerhaftigkeit und nicht in letzter Linie auch die Schönheit seiner Patina, der *Aerugo nobilis*, machen es mehr als jeden anderen Baustoff geeignet, dort Anwendung zu finden, wo es sich um künstlerischen Schutz edler Architektur aus kostbarem Material handelt. Selbst ein kostbares Material, kann zwar das Kupfer nur selten auf eine ausgedehnte Anwendung im dekorativen Ausbau zählen; aber seine Wichtigkeit als Legierungsbestandteil von Messing und Bronze allein weisen ihm auch hier einen hervorragenden Platz an.

320.
Kupfer
als Baustoff.

Im Handel erscheint das Kupfer:

1) Als: Roßettenkupfer, Gar- oder Scheibenkupfer, in Kuchen von 30 bis 60^{cm} Durchmesser; als Zeichen vorzüglicher Qualität, d. h. Reinheit, gilt möglichste Dünne bis unter 2^{mm}.

321.
Handelsorten,
Eigenschaften
und
Verwendung.

2) In Barren und Blöcken von etwa 45^{cm} Länge, 8 bis 30^{cm} Breite und 7 bis 8^{cm} Dicke.

3) Als Granalien, in Pulver- oder Körnerform, besonders für Legierungszwecke.

Die Reinheit des Kupfers hat auf die Dichte und Härte, sowie auch auf den Dehnbarkeitsgrad großen Einfluß. Verunreinigungen durch Kohlenstoff, Schwefel, Antimon, Arsen, Eisen usw. machen dasselbe rotbrüchig, Kupferoxydul hingegen kaltbrüchig.

Der Bruch des Handelskupfers soll fast rosennrot fein, metallischen Glanz und feinzackiges Gefüge zeigen, welches durch Hämmern undeutlich fehnig wird. Rotbrüchiges Kupfer, besonders kohlenstoffhaltiges, spielt ins Gelbliche auf dem grobzackigen, auffallend stark glänzenden Bruche, während eine ziegelrote oder gar bräunlichrote Farbe bei sehr feinkörnigem und mattem Bruche auf Kupferoxydul und Kaltbrüchigkeit hindeutet. Sehr schwer hingegen sind mehrere gleichzeitige Beimischungen bloß durch das Bruchsehen zu erkennen.

Die Längenausdehnung durch die Wärme beziffert sich für 1 Grad C. auf 0,001643; der Schmelzpunkt liegt bei 1090 Grad C.

Das Kupfer gelangt höchst selten im gegossenen Zustande zur Anwendung, weil der Guß bloß bei ganz reinem Kupfer dicht ausfällt und dickflüssig ist. Nur Nägel für Schiffsbefehle, Bolzen zu Nieten und Röhren werden häufiger gegossen.

Dagegen ist die vorzügliche Geschmeidigkeit des Kupfers, welche es auch im kalten Zustande hämmerbar und biegsam macht, naturgemäß Ursache zur Verwendung als Blech und Draht gewesen.

Früher wurde das Blech nur durch Hämmern hergestellt, und auch das jetzige Walzkupfer erfordert vor und nach dem Walzen Hammerarbeit. Scharf abgegrenzte Handelsorten von Kupferblech bestehen nicht. Die gangbarsten Abmessungen sind 0,75 bis 1^m Breite und 1,50 bis 2,00^m Länge bei sehr verschiedener Dicke, von 0,3 bis 0,5^{mm} für das schwächste Roll- oder Flickkupfer, bis zu 6,25^{mm} für das stärkste Braupfannenblech. Die Dicke der Dachbleche schwankt zwischen 0,5 und 1,7^{mm}; Rinnenblech ist etwa 0,75^{mm}, Schlauchblech etwa 1,23^{mm} dick. Siehe darüber auch Teil III, Band 2, Heft 5 dieses „Handbuches“.

Kupferdraht kommt in 62 verschiedenen Nummern vor mit einer Dicke zwischen 21,90 bis 0,21^{mm} herab; die stärksten Sorten werden bis 1,5^{mm} herab Mutterdrähte, die schwächeren Scheibendrähte genannt.

Sehr häufig wird das Kupfer in Form von Röhren verwendet, und zwar entweder als gelötete, gegossene und dann gezogene oder als gehämmerte Röhren, welche letztere sich durch große Zähigkeit und Festigkeit auszeichnen.

Zu dekorativen Zwecken werden die Flächen des Kupfers entweder blank poliert (*Cuivre poli*) oder mit einer Bronzierungspatina von rotbrauner Farbe, hervorgerufen durch Bildung von Kupferoxydul oder mechanisch durch Blutein- und Reißbleipulver, versehen, oder es werden durch Schwefelmetalle, die an der Oberfläche erzeugt werden, Metall-Luftfarben beliebiger Tönung hervorgebracht¹⁹³⁾. Die Patina, welche wir an antiken Gebilden bewundern, das kohlenlaure Kupferoxyd, wird eigentlich am schönsten und haltbarsten und zugleich den Körper des Metalls selbst ausgiebigst schützend nur durch die Zeit erzeugt. Mit salpeterlaurem Kupferoxyd unter Zusatz von Kochsalz und sodann Kleefalz und Salmiak wird eine künstliche Patina in kurzer Zeit hervorgerufen, welche aber durch Wachs oder ähnliche Schutzmittel jenen sanften Glanz erhalten muß, der die echte antike Patina so schön macht¹⁹⁴⁾.

Schließlich sei auch noch der sog. Galvanobronzen gedacht, welche seit 1890 namentlich von einer Münchener Anstalt hergestellt werden¹⁹⁵⁾. Dies sind Gipsgüsse, die zunächst mit Teer getränkt und dadurch vor Veränderungen geschützt werden; hierauf werden sie auf galvanischem Wege mit einer Kupferhaut überzogen und können so einen verhältnismäßig billigen Ersatz für Metallgüsse bilden. Sie gestatten die Zifelierung, das Verfilbern, das Vergolden usw., so daß sich deren Verwendung im inneren Ausbau empfiehlt; im Freien sollen dieselben keine genügende Dauer haben¹⁹⁶⁾. Siehe darüber auch Teil III, Band 2, Heft 3 (Kap. 20) dieses „Handbuches“.

Das Einheitsgewicht des Kupfers schwankt je nach der Reinheit und der Art der Bearbeitung zwischen 8,56 und 9; für Kupferblech wird gewöhnlich 8,8 als Durchschnitzziffer angenommen.

Die Elastizitätsziffer beträgt für gehämmertes Kupferblech 1100^t und für Kupferdraht 1300^t auf 1^{qcm}. Die Zugfestigkeit wird von *Karmarsch* für gegossenes Kupfer zu 1300 bis 2600, für gehämmertes oder gewalztes Kupfer zu 1800 bis 2600, für hart gezogenen Kupferdraht zu 2700 bis 5100^{kg} auf 1^{qcm} angegeben. *Tresca* hat die Abfederungsfestigkeit mit 1873^{kg} für 1^{qcm} ermittelt¹⁹⁷⁾.

¹⁹³⁾ Siehe: PUSCHER, E. Ueber ein neues und billiges Verfahren, ohne Anwendung von Farben verschiedene Metalle mit prachtvollen Luftre-Farben zu überziehen. *Polyt. Journ.*, Bd. 190, S. 421.

¹⁹⁴⁾ Siehe: Ueber die Erzeugung einer Patina auf Bronze und Eisen. *Polyt. Journ.*, Bd. 199, S. 427.

¹⁹⁵⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1890, S. 319.

¹⁹⁶⁾ Siehe ebendaf. 1894, S. 115, 208.

¹⁹⁷⁾ Vergl. auch: BISCHOF, C. Das Kupfer und seine Legirungen. Berlin 1865.

JAPING, E. Kupfer und Messing sowie alle technisch wichtigen Kupferlegierungen etc. 1883.

b) Legierungen.

Die Legierungen der Metalle Kupfer, Zink und Zinn in den verschiedensten Mischungsverhältnissen geben für den inneren Ausbau eine große Anzahl Verwendungen, welche in bezug auf Farben- und Formenwirkung, auf Feltigkeit und Dauer unübertroffen dastehen und eine reiche Entfaltung des Kunstgewerbes bewirkt haben.

323.
Messing.

Die Legierung von Kupfer und Zink wird im allgemeinen mit dem Namen Messing bezeichnet; im besonderen gilt dieser Name für Legierungen, bei denen der Zinkgehalt etwa 30 Vomhundert beträgt. Steigt der Gehalt an Kupfer über 80 Vomhundert, so gibt dies Rotmessing, Rotguß oder Tombak mit der kennzeichnenden bräunlichgelben Farbe, bis sie mit noch größerem Kupfergehalt rötlich und ähnlich der Kupferfarbe wird. Über 40 Vomhundert Zink hingegen verleihen der Mischung einen rötlichgelben bis goldgelben Stich, während mit der Steigerung des Zinkgehaltes über 50 und bis 80 Vomhundert das Weißmessing in Farbe und Eigenschaften dem Zink immer näher kommt.

Die vorzüglichsten technischen Eigenschaften besitzen das Rotmessing und das eigentliche Messing. Es ist an Farbe schöner als Kupfer, an der Luft gegen Oxydation widerstandsfähiger, besitzt größere Härte, leichtere Schmelzbarkeit und liefert dünnflüssige, scharfe Güsse bei einer Dehnbarkeit, welche die dünnsten Bleche und feinsten Drähte herzustellen gestattet. Gegossenes Messing ist ähnlich wie Zink im Bruche kristallinisch und daher spröde; durch Walzen, Hämmern und Ziehen gewinnt es feinkörnige bis faserige Struktur und damit ausgezeichnete Geschmeidigkeit, besonders wenn man es wieder glüht und erkalten läßt.

Kommt es auf größere Weichheit, große Dehnbarkeit und warmen Farbenton an, besonders bei zu vergoldenden Gegenständen, so wird vorzugsweise Tombak verwendet, das billigere Messing hingegen zu Gußwaren und der geringeren Abnutzung wegen zu Gegenständen, bei denen größere Härte wünschenswert ist.

Besonders dienen Tombak und Messing gegossen zu Tor- und Türschildern, Knöpfen, Handhaben, Drückern und Oliven, Rollen, Wasser- und Gasleitungshähnen, Ventilen usw.; gewalzt, gehämmert und getrieben zu Auflatz- und Gelenkbändern, Schloßverkleidungen, Ofentüren, Kaltenbeschlägen und ungezählten anderen Gegenständen. Nicht minder ausgedehnt ist die Anwendung von Messingdraht. In neuerer Zeit finden vernickelte Messingröhren für Wasser- und Ableitungen im Inneren der Gebäude immer mehr Anwendung.

Das Messingblech kommt im Handel als Rollmessing (Bugmessing) und Tafelmessing vor. Ersteres umfaßt die dünnsten Sorten mit einer Stärke von 0,12 bis 0,40 mm, 120 bis 460 mm breit, wobei die Breite mit steigender Dicke abnimmt, bei einer durchschnittlichen Länge von 6,50 m. Bugmessing wird einige Male in flachen Tafeln zusammengebogen, und zwar um so öfter, je dünner es ist; es umfaßt schmale und dünne, aber lange Sorten von 0,3 bis 2,0 mm Dicke, 180 bis 260 mm Breite und 1,00 bis 5,50 m Länge. Tafelmessing ist das stärkste, nicht gebogene, mit einer Dicke von 1 bis 17 mm bei 300 bis 650 mm Breite und verschiedener Länge.

Die Messingdrähte kommen in ähnlichen Nummern wie die Kupferdrähte

Bezüglich der Prüfung von Kupfer, Bronze usw. vergl. die Referate über die Verhandlungen der 1890 in Berlin abgehaltenen Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Konstruktionsmaterialien (Aufg. 7: Aufstellung einheitlicher Prüfungsmethoden für Kupfer, Bronze und andere Metalle) in: BAUSCHINGER, J. Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Kgl. technischen Hochschule zu München. Heft 22. München 1894. S. 210.

vor, von 18,80 bis 0,19^{mm} Dicke. Messingschrauben in verschiedenen Nummern, von 3,5 bis 8,5^{mm} Dicke, finden vielfach Anwendung.

Das Einheitsgewicht schwankt mit der Zusammenetzung, ist jedoch höher als der Durchschnitt der beiden Gemengteile. *Karmarsch* gibt für Messingblech 8,52 bis 8,62, für Messingdraht 8,49 bis 8,73, für Gußmessing 8,71 an. Tombak als Blech hat 8,788, Gußtombak 8,606, Tombakdraht sogar 9,00. Ebenso verschieden ist die Zugfestigkeit; für Gußmessing gibt *Rankine* 1270, für Messingdraht 3450^{kg} auf 1^{qcm} an. Die Druckfestigkeit beträgt für Gußmessing 725^{kg} auf 1^{qcm}. Die Elastizitätsziffer des Messings beläuft sich auf 650^t für 1^{qcm} und steigt bei Messingdraht bis 1000^t für 1^{qcm}.

Die Gegenstände aus Gußmessing werden häufig mit Lacken und Firnissen überzogen, um das Auftreten von Grünspan zu verhüten und verschiedene lebhafte Laifarben darauf anzubringen; vielfach wird es auch verzinkt, vernickelt, verfilbert und vergoldet. Sehr beliebt sind Messingwaren, welche durch Beizen in Säurebädern oder Salzbädern eine rötliche, grüngelbe, goldgelbe Färbung mit entweder hellglänzender oder matter Oberfläche erhalten. Werden gewisse Partien der Einwirkung der Beizen durch Bedeckung mit Fettfarben entzogen, so entstehen intarsienartige Zeichnungen von verschiedener Wirkung, je nachdem die Zeichnung blank auf mattem Grunde oder umgekehrt gewählt wird.

324.
Argentan.

Unter der Gesamtbezeichnung Argentan oder Weißkupfer begreift man eine Reihe von Legierungen, denen als Legierungsmetall außer Kupfer und Zink noch Nickel zugesetzt ist. Argentan ist demnach ein Messing, dem durch angemessenen Nickelgehalt eine weiße Farbe erteilt wird. Der Nickelgehalt selbst ist schwankend und damit auch die Farbe vom Gelb-bräunlich-weiß bis in das Silberweiße spielend. Beinahe ebenso dehnbar wie Messing nimmt es eine schöne Politur an und gibt reinere Güsse. Gegen Atmosphärien und Säuren ist es widerstandsfähiger als Messing. Die Argentanwaren dienen als Silbernachahmung teils in Form von Guß, teils als Blech, teils getrieben, teils als Draht und häufig auch mit echtem Silber plattiert oder galvanisch verfilbert (Chinasilber) verschiedenen Zwecken, und die einzelnen Abarten sind als Pakfong, Neufilber, Alfenide, Alpaka, Christofle-Metall usw. bekannt. Das Einheitsgewicht des Argentans ist 8,4 bis 8,7; die Zugfestigkeit für hartgezogene Drähte beträgt 7200 bis 8000^{kg}, für ausgeglühte Drähte 5200^{kg} für 1^{qcm}.

325.
Britannia.

Britanniametall ist eine Legierung von Zinn mit Antimon und Zink und wenig Kupfer. Es zeichnet sich durch bläulichweiße Farbe und größere Härte vor dem Zinn aus und besitzt vorzügliche Politurfähigkeit. Zu Gußornamenten eignet es sich gut, da es scharfe Abgüsse gibt; auch kommt es in Form gewalzter Platten zur Verwendung. Das Einheitsgewicht beträgt 7,32 bis 7,36.

326.
Bronze.

Bronze werden im allgemeinen die Legierungen von Kupfer und Zinn genannt, obwohl technischer Rücksichten halber meistens noch Zink und auch noch andere Metalle beigemischt werden. Bronze besitzt manche Eigenschaften des Kupfers, ist jedoch härter als dieses; politurfähiger und leichter schmelzbar, häufig jedoch spröder; es ist das vorzüglichste Gußmaterial.

Von den verschiedenen Bronzeabarten, deren eine große Zahl besteht, heben sich typisch hervor: 1) das Glockenmetall mit höchstens 80 Teilen Kupfer auf mindestens 20 Teile Zinn, übrigens sehr schwankend in der Zusammenetzung; 2) das Kanonenmetall mit etwa 90 Teilen Kupfer und 10 Teilen Zinn, von größter Zähigkeit, so daß die Kanonenrohre über 4000 Atmosphären Druck aushalten; 3) Medaillenbronze für Münzen und Medaillen mit etwa 92 Teilen Kupfer auf 8 Teile Zinn, meist noch mit etwas Zink veretzt; 4) Spiegelmetall mit 68 Teilen Kupfer und 32 Teilen Zinn nebst etwas Zink, zu Metallspiegeln; 5) Statuenbronze mit durchschnittlich 88 Teilen Kupfer, 2 Teilen Zink, 10 Teilen Zinn und etwas Blei; sehr große Gußstücke erhalten höheren Zink- und Bleigehalt, um recht dünnflüssig zu werden, bekommen aber dann keine Patina.

Bronzeähnliche Legierungen von eigenartiger Beschaffenheit sind auch die Phosphorbronze, von *Künzel* erfunden, mit 90 Teilen Kupfer, 9 Teilen Zinn und 0,5 bis 0,75 Teilen Phosphor, welche sich durch erhöhte Zähigkeit, Festigkeit und Elastizität auszeichnen. Die Aluminiumbronze besteht aus 90 Teilen Kupfer und 10 Teilen Aluminium und hat bei lichtgelber Farbe geringes Gewicht und hohe Festigkeit. Die größte Widerstandsfähigkeit jedoch besitzt nach *Thurston* das Maximummetall, eine Legierung von 55 Teilen Kupfer, 43 Teilen Zink und 2 Teilen Zinn.

Die Verwendung von Bronze ist uralt, wenn auch immer einer späteren Periode angehörig als Kupfer und Zinn. Ihre Benutzung ist außerordentlich mannigfaltig. Treppengeländer, freitragende Stufen, Säulen, Kandelaber, figürliche Ornamente, Statuen, Brunnen, Denkmäler ufw. bestehen aus Bronze, der verschiedenartigen Verwendung zu Verankerungen, Bolzen und Maschinenbestandteilen aller Art nicht zu gedenken.

Das Einheitsgewicht der Bronze schwankt mit der verschiedenen Zusammensetzung und beträgt z. B. für Glockenmetall 8,7 bis 9,1, für Kanonenmetall 8,8, für Medaillenbronze 8,78, für Spiegelmetall 8,6, für Statuenbronze 8,4 und für Aluminiumbronze 7,68.

Die Zugfestigkeit ist ebenfalls sehr verschieden; so beträgt sie für Kanonenmetall nach *Rankine* 2530 kg, nach *Uchatius* 2200 kg für 1 qcm, während Phosphorbronze nach *Bausfingher* 3300 kg, nach *Uchatius* bis 5660 kg und ungeglühter Draht aus Phosphorbronze nach *Kirkaldy* bis 11200 kg für 1 qcm Zugfestigkeit hat. Aluminiumbronze besitzt nach *Anderfon* eine Zugfestigkeit von 5130 kg und eine Druckfestigkeit von 9280 kg für 1 qcm. Nach *Thurston's* neueren Versuchen hat Bronze die größte Festigkeit von 4570 kg für 1 qcm in einer Mischung, die nur wenig Zinn und etwas mehr Kupfer als Zink enthält.

Sowohl eine kleine Abnahme, als auch eine geringe Zunahme des Zinngehaltes vermindern die Festigkeit bedeutend, während eine Änderung im Verhältnis des Zinks zum Kupfer von etwas geringerem Einfluß auf die Festigkeit ist. Alte Bronzen, welche kein Zinn, sondern nur 4 Teile Kupfer und 1 Teil Zinn enthalten, haben eine Zugfestigkeit von 3340 kg für 1 qcm, unterscheiden sich also von derjenigen des Schmiedeeisens nur wenig.

Das amerikanische Maximummetall besitzt nach *Thurston* eine Zugfestigkeit von 12020 kg für 1 qcm und erleidet dabei eine Verlängerung von 47 bis 51 Vomhundert. Die Elastizitätsziffer beträgt für Glockengut 320 t, für Kanonenmetall 696 t auf 1 qcm.

Schutz und Dekorierung der Bronzen werden ähnlich wie bei Messing bewirkt; besonders großes Gewicht legt man auf die Erzeugung einer schönen und festhaftenden Patina, welche durch Behandlung mit schwachen Oxydationsmitteln in grünlicher Farbe bei zinkhaltigen und in bräunlicher Farbe bei bloß zinnhaltigen Bronzen auftritt, aber im Freien nach kurzer Zeit wieder verschwindet. Die künstliche Patina wird ähnlich wie beim Kupfer erzeugt.

Duranametall ist gleichfalls eine Legierung von Kupfer und Zink und unterscheidet sich von anderen durch ihre Schmiedbarkeit. Sie ist politurfähig, aber nicht schweißbar, läßt sich kalt treiben, besitzt einen rötlichgelben, warmen Ton und schmilzt bei 950 bis 1000 Grad C. Einheitsgewicht 8,3 bis 8,5. Sie wird in Blechen, Drähten, Stangen, Zierleisten, Schmiedeknüppeln ufw. geliefert und eignet sich für alle Zwecke der Kunstschmiederei. Sie wird hergestellt von den „Metallwerken“ in Düren.

327.
Duranametall.

Das zu Anfang der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts von *Dick* erfundene Deltametall ist eine Legierung aus Kupfer, Zink und einer geringen Menge von Eisen. Es ist so zähe wie Schmiedeeisen und so fest wie Stahl; es liefert vorzügliche Gußstücke, welche weder Rost, noch Grünspan ansetzen; auch gegen Säuren zeigt es große Widerstandsfähigkeit. In jenen Fällen, wo wegen

328.
Deltametall.

magnetischer Einwirkungen Stahl und Eisen nicht benutzt werden können, findet das Deltametall günstige Verwendung.

Nach den vom Königl. Materialprüfungsamt zu Berlin mit gewalztem Deltametall angestellten Versuchen liegt die Elastizitätsgrenze desselben bei 2220 kg für 1 qcm; die Zugfestigkeit beträgt 5880 kg für 1 qcm, die Dehnung 12,3 Vomhundert und die Querschnittsverminderung 17,4 Vomhundert. Die Druckfestigkeit wurde mit 9540 kg für 1 qcm gefunden.

329.
Doppelmetall.

Das Doppelmetall oder Bimetall, dessen Erfindung der neuesten Zeit angehört und welches hauptsächlich von einer oberösterreichischen Anstalt hergestellt wird, ist eine durchaus gleichmäßige Verbindung von Kupfer mit Stahl. Dieses Metall hat eine um 50 Vomhundert größere Festigkeit als Kupferblech; es genügen Doppelmetallbleche von $\frac{2}{3}$ der Stärke des Kupferbleches zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen mit bedeutender Widerstandsfähigkeit. Die verschiedene Ausdehnung von Kupfer und Stahl infolge von Wärmezunahme ist durch die Fabrikation aufgehoben. Das Doppelmetall läßt sich treiben, stanzen, punzen, drehen, hobeln und feilen; das Walzen kann bis zur Papierdünnigkeit fortgesetzt werden¹⁹⁸⁾.

3. Kapitel.

Aluminium und Magnalium.

Von HUGO KOCH.

330.
Aluminium.

Aluminium hat eine bläulichweiße Farbe, starken Glanz und ist ungemein leicht, dehnbar und bei 700 Grad C. schmelzbar. Es ist weicher als Zink und Kupfer, aber härter als Zinn. Gegossen hat es die Zugfestigkeit des Gußeisens (1200 kg für 1 qcm), geschmiedet oder gewalzt 2000 bis 2700 kg für 1 qcm. Das Einheitsgewicht ist 2,64 gegossen, 2,70 geschmiedet oder gewalzt. Es löst sich in Salzsäure oder Ätzalkalien rasch; von Schwefel- und Salpetersäure wird es langsam angegriffen. Aluminium läßt sich nach dem Patent von *Haereus* schweißen und auch mit einem besonderen Aluminiumlot löten. Es wird zu Blechen, Röhren, Draht und allerhand Hausgerät verarbeitet, ferner zur Herstellung von Schlüsseln, Türgriffen, Schlüsselschildern benutzt. Zur Dachdeckung wurde es zwar bei der Berliner Ausstellung im Jahre 1896 angewendet; es ist aber nicht haltbar. Es läßt sich galvanisch verkupfern. Aluminium verbindet sich beim Zusammenschmelzen mit den meisten Metallen. Man hat so Aluminiummessing mit 1 bis 3 Vomhundert Aluminium und Aluminiumbronze, eine Legierung von Aluminium mit Kupfer, deren Farbe bei mehr als 20 Vomhundert Aluminium bläulichweiß, bei 15 bis 20 Vomhundert silberweiß, bei weniger als 15 Vomhundert gelblich und bei 5 bis 7 Vomhundert goldgelb ist. Die letztere wird viel zu Kunstgegenständen verarbeitet.

331.
Magnalium.

Magnalium ist nach *Mach's* Patent eine Legierung von Aluminium mit Magnesium. Bei 100 Teilen Aluminium zu 15 Teilen Magnesium gleicht sie einem guten Messingguß, bei 100 : 20 einem weichen Rotguß, bei 100 : 25 dem gewöhnlichen Rotguß. Abgedrehte Flächen sind Spiegelblank und silberglänzend; die Politur läßt sich bis zu Hochglanz bringen. Die weicheren Sorten sind kalt schmiedbar. Bruchfestigkeit und Bruchdehnung haben bei gegossenem Material

¹⁹⁸⁾ Siehe auch: KRUPP, A. Die Legierungen. Wien, Pest und Leipzig 1879. — 2. Aufl. 1894.

und einem Magnesiumgehalte von 3 bis 4 Vomhundert die höchsten Werte. Bei 10 Vomhundert ist Magnesiumguß spröde; bei 30 Vomhundert besitzt es weder Dehnung, noch nennenswerte Festigkeit. Schmiedbar ist es nur bei 2 bis 4 Vomhundert Magnesiumgehalt¹⁹⁹⁾.

4. Kapitel.

Asphalt.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

Das Bitumen spielt in der Geschichte der Baustoffe eine eigentümliche Rolle. Von den ältesten Kulturvölkern gekannt und als Mörtelmaterial benutzt, war es später ganz in Vergessenheit geraten, und erst die brennende Straßenpflasterungsfrage der Neuzeit hat das Material, welches heute Asphalt genannt wird, so sehr in den Vordergrund gebracht, daß große und größere Städte sich wett-eifernd beeilen, dieses moderne Luxuspflaster einzuführen, und daß das Asphaltgewerbe eine noch vor einigen Jahrzehnten ungeahnte Ausdehnung genommen hat.

332.
Asphalt
als Baustoff.

Das, was von den Alten und heute noch in der Chemie und Mineralogie als Asphalt, Judenpech oder Erdpech bezeichnet ist, wird in der Technik Goudron genannt und findet sich rein nur am toten Meere und auf der Insel Trinidad; sonst tritt er als bituminöse Gesteinsart auf, besonders mit Sandstein, Kalk und Sand vermischt, und muß aus diesen Stoffen herausgekocht werden. Asphalt in diesem Sinne ist eine anthrazitartig schwarzglänzende Masse mit muscheligen Brüche und dem bekannten Asphaltgeruch, bei niedriger Temperatur bis gegen 20 Grad C. meist ancheinend fest und spröde, darüber bis 40 Grad zähe und fadenziehend-plastisch, bei höherer Temperatur allmählich sich verflüssigend, bezw. schmelzend. Wird Goudron einer Temperatur von über 130 Grad ausgesetzt und nicht über 230 Grad erhitzt, so verflüchtigen sich bloß die leichteren Kohlenwasserstoffe. Beim Erkalten behält dann so behandelter Goudron seine günstigen Eigenschaften bei und verändert sich nicht weiter, während nicht erhitzter, wahrscheinlich infolge von allmählichem Verlust von Kohlenwasserstoffen, mit der Zeit spröde wird. Überhitzter oder verbrannter Goudron wird sehr spröde und brüchig.

333.
Goudron.

Für die Beurteilung der günstigsten Verwendungsweise des Asphalts ist es nötig, sich zu erinnern, daß Asphalt zu jenen Körpern gehört, deren innere Reibung denselben Gesetzen unterworfen ist wie die Flüssigkeitsreibung. Mit anderen Worten, das Bitumen gehört zu den zähflüssigen Körpern. Man sieht dies in der Praxis schon: der in Fässern beförderte *Trinidad-asphalte-épuré* oder das ähnlich in Fässern vorkommende Steinkohlenpech zerfließt, aus den Fässern entfernt, allmählich. *Obermayer*²⁰⁰⁾ hat die Zähigkeitsziffer des Schwarzepechs bestimmt, und *Thomson*²⁰¹⁾ hat daselbe Gesetz durch den Versuch festgestellt, indem er einen Kuchen von sprödem, unter dem Hammer zerspringendem Schusterpech auf Korke legte und mit Bleikugeln beschwerte; nach einem Jahre, während dessen stets durch Wasser niedrige Temperatur erhalten wurde, waren die Korke durch den Kuchen hindurch in die Höhe gestiegen und an der Oberfläche sichtbar geworden, während die Kugeln durch das Pech durchgedrungen waren und am Boden erschienen. Reiner Goudron würde also nicht anwendbar sein.

¹⁹⁹⁾ Weiteres darüber in: Baumaterialienkde. 1899, S. 252; 1900, S. 348; 1902, S. 144 — und Zeitfchr. d. öst. Ing.-u. Arch.-Ver. 1900, S. 469.

²⁰⁰⁾ Ein Beitrag zur Kenntniß der zähflüssigen Körper. Sitzungsber. der math.-nat. Classe der Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. 25, Abt. 2, S. 665.

²⁰¹⁾ *The nature*, Bd. 21, S. 159.

334.
Asphalt
und
Asphaltmastix.

Asphalt im Sinne der heutigen Technik ist ein Kalkstein (siehe Art. 29, S. 93), der von Bitumen gleichmäßig und nur in solcher Menge durchdrungen ist, daß die Flüssigkeitsreibung nahezu aufgehoben erscheint. Tatsächlich enthalten die bewährtesten Asphaltsteine nur 8 bis 12 Vomhundert Bitumen, also eben hinreichend viel, um unter Druck durch daselbe verkittet zu werden und ohne selbst zusammenzuhängen. Erhitzt man daher solchen bituminösen Kalkstein, so verflüssigt sich das Bitumen; der Stein zerfällt in die einzelnen verkitteten, nicht in sich selbst zusammenhängenden Teilchen und backt unter neuem Druck und unter Abkühlung wieder zu dem gleichen Gestein wie früher zusammen. Darauf beruht die Verwendung des Asphaltsteines zu Stampfasphalt (*Asphalte comprimé*), dem eigentlich bevorzugten Straßenpflastermaterial.

Der natürliche Asphaltstein hat zu wenig Bitumen, um beim Erhitzen flüchtig, im gewöhnlichen Sinne des Wortes, zu werden. Um dies zu erzielen, stellt man daraus Asphaltmastix her.

Asphaltmastix ist natürlicher Asphaltstein, welcher nach vorhergegangener mechanischer Zerkleinerung (bis zu etwa 3^{mm} Korngröße) mit einer entsprechenden Menge reinen Bitumens oder Goudrons einer Temperatur von 175 bis 230 Grad ausgefetzt wird. Dabei wird zuerst das Bitumen in einem Kessel geschmolzen und demselben unter stetem Umrühren von Viertelstunde zu Viertelstunde soviel Asphaltpulver zugefetzt, daß in etwa 5 Stunden die ganze Masse (etwa 200 kg), welche auf einmal geschmolzen wird, davon durchdrungen ist. Dabei verflüchtigen sich nur die leichteren Kohlenwasserstoffe, und der Mastix erreicht die gußfertige Beschaffenheit. Hierauf wird er in Modelle aus Eisen gegossen, welche je nach der Fabrikmarke eine bestimmte Form besitzen und Blöcke von etwa 25^{kg} Gewicht liefern.

Solcher Asphaltmastix ist nun unter erneutem geringen Zusatz von Goudron beliebig oft schmelzbar und liefert die Grundlage zu Gußasphalt (*Asphalte coulé*).

335.
Fundorte.

Fundorte für Asphalt sind: Ragusa auf Sizilien, Seyssel im Dep. Ain, Bastennes im Dep. Landes (ein mit 6 bis 12 Vomhundert Bitumen imprägnierter Sand), Val de Travers im Kanton Neufchatel, Limmer bei Hannover, Loblann im Elsaß, auf der Insel Brazza usw.

336.
Künstlicher
Asphalt.

Künstlicher Asphalt, welcher häufig als Ersatzmittel für natürlichen Asphalt verwendet wird, muß unterschieden werden in solchen, welcher zu Stampfarbeiten gebraucht werden soll, und in Nachahmungen des Asphaltmastix und des Goudron.

Stampfasphalt kann durch künstliche Mischung der beiden Hauptbestandteile des natürlichen Asphaltsteines, nämlich reinen Kalksteines und reinen Bitumens, oder aber auch durch Zusatz von Bitumen zu sehr magerem Asphaltstein hergestellt werden. Zwei hierauf gerichtete Versuche sind bemerkenswert.

Das erste, von *Dietrich* herrührende Verfahren bezweckt, reinen oder bituminösen Kalkstein in Pulverform mit reinem Bitumen, gleichfalls in Pulverform, mechanisch zu mischen und hierauf das im Steinpulver fein verteilte Bitumen durch Erhitzen der Mischung in sich drehenden Kesseln oder ähnlichem Gerät zum Auffaugen gelangen zu lassen. Versuche, die mit diesem Verfahren angestellt worden sind, haben zu nicht ungünstigen Ergebnissen geführt.

Bei dem zweiten, der Deutschen Asphaltgesellschaft patentierten Verfahren wird trockener, pulverförmiger Kalk oder Asphaltstein durch Zusatz von Kalkmilch unter Erhitzen in einen dünnflüssigen Schlamm verwandelt; letzterer wird auf etwa 50 Grad C. erhalten und demselben geschmolzenes und gereinigtes Bitumen zugefetzt. Der so gewonnene heiße Brei wird in Formen gegossen, und das lufttrockene Material kann in geeigneten Mahlwerken in ein zur Stampfarbeit geeignetes Pulver verwandelt werden.

Zu Maltix und Goudron jedoch werden sehr bedeutende Massen von Steinkohlen- und Braunkohlenpech verwendet und großartige Fällchungen, besonders durch Nachahmung der Maltixbrode von Gruben bedeutenden Rufes, begangen. Weniger bedenklich ist die Benutzung dickflüssiger Destillationsrückstände von Schieferöl-, Paraffin- und Petroleum-Destillationen, die in geringer Menge dem spröden Trinidadasphalt beim Einschmelzen zu Maltix zugefetzt werden. Ebenso hat sich in Amerika die Verwendung von gereinigtem Trinidadasphalt unter Zusatz von wenigen Prozenten Petroleumteer (*Still bottoms*) mit möglichst viel (über 80 Vomhundert) reinem Sand zur Maltixfabrikation bewährt. Die leichtflüchtigen und daher schädlichen Bestandteile entweichen beim Kochen des Maltix größtenteils, und der Anteil an schädlichen Bestandteilen wird mindestens dadurch verringert.

Das Einheitsgewicht ist bei den verschiedenen Asphaltorten verschieden, und zwar naturgemäß nach der größeren oder geringeren Menge leicht flüchtiger Bestandteile einerseits und bei verarbeiteten Asphaltten je nach der Natur und Menge der zugefetzten Magerungsmittel. So fand *Hauenschild*: Goudron von *The Neuchatel Asphalt Company* 1,31, Braunkohlenpech 1,20, *Trinidad-asphalte-épuré* 1,38, roher Asphaltstein von *Val de Travers* 2,15, *Asphalte comprimé* von der Wilhelmsstraße in Berlin 2,23, altes Berliner Straßenpflaster (*Asphalte coulé*) 2,02, Asphaltmaltix aus Limmerasphalt 2,23 und ungarischer *Goudron Asphalte coulé* 1,966.

Hauenschild's Untersuchungen über die Festigkeitsverhältnisse der verschiedenen Asphaltorten ergaben, besonders mit Rücksicht auf die Entdeckung der Verfälschungen, folgendes. Das in England nach *Rankine* eingeführte Verfahren, die Güte eines Asphalts im Vergleich mit einem bekannten so zu prüfen, daß man eine stumpfe, vierseitig pyramidale Eisenspitze bei einer Belastung von etwa 30 kg und bei einer Temperatur von 27 Grad C. auf den Asphalt wirken läßt, hat sich als ausreichend geeignet gezeigt. Nach *Rankine* soll guter Stampfasphalt dabei einen Eindruck von etwa 8 mm, Gußasphalt aber von 5 mm annehmen. In Bezug auf Druckfestigkeit ergab sich, daß künstlicher, d. h. aus Steinkohlen- oder Braunkohlenpech mit Mineraltaub hergestellter Asphalt bei ziemlich rascher Steigerung der Belastung ganz wie spröde Gesteine in parallele Stücke unter Krach zerplatzte, während bei der gleichen Temperatur und gleichen Art der Belastung natürlicher, sowohl Stampf- als Gußasphalt, unter Ausbauchen, Bersten und Spalten zerfloß, und zwar von einem um so niedrigeren Punkte an, je besseren Ruf die betreffende Asphaltorte genoß.

Die Zugfestigkeit ließ sich auf der *Michaëlis'schen* Zerreißungsvorrichtung²⁰²⁾ in den Zement-Achtformen nur bei höchstens 8 Grad C. für natürliche Asphalte bestimmen, und zwar bei raschsteigender Belastung. Die Ergebnisse von *Hauenschild's* Versuchen waren u. a. folgende:

	Zugfestigkeit:	Druckfestigkeit:	bei 30 kg Belastung und 27° C. Eindringen:
		bei 8° C.	
Stampfasphalt, <i>Val de Travers</i> , frisch	26,5 kg für 1 qcm	bei 52 kg für 1 qcm	unter Bersten zerfließend 6 bis 7 mm
Normaler Berliner Straßenasphalt von der Berliner Stadt-Bauinspektion, alt	30,5 " " " " " " " " " "	" 93 " " " " " " " " " "	unter Spalten zerfließend 7 " 8 "
Berliner Bürgersteigasphalt, Limmer	24,38 " " " " " " " " " "	" 65 " " " " " " " " " "	bröckelnd zerfließend 5 " 6 "
I. Ungarischer Natur- <i>Asphalte-coulé</i> , normal	25,2 " " " " " " " " " "	" 108 " " " " " " " " " "	" " " " 4 " 5 "
II. " " " stark überhitzt	" " " " " " " " " "	" 109 " " " " " " " " " "	rasch berstend 2 " 3 "
III. " " " " " " " " " " " " " "	36,75 " " " " " " " " " "	" 112 " " " " " " " " " "	" " " " 4 " 4,5 "
Künstlicher Asphalt aus Steinkohlenpech, sehr alter Stallbelag	20,0 " " " " " " " " " "	" 148 " " " " " " " " " "	unter Krach brechend 1 " 2 "

337-
Gewicht.

338-
Festigkeit.

²⁰²⁾ Vergl. Art. 137, S. 173.

339.
Prüfung
auf
Verfälschung.

Lassen sich die spröden künstlichen Asphalte zwar schon aus diesen Versuchen herauscheiden, so sind die Unterschiede doch zu wenig scharf ausgesprochen. Der charakteristische Teergeruch ist für rein künstliche Asphalte verträglich genug; anders verhält es sich mit den so häufig vorkommenden Gemischen. Bei diesen ist die Erkennung der Beimengungen schon schwieriger. *Durand-Clay* ²⁰⁸⁾ hat zur Erkennung der Beimischung von Gaspech ufw. eine kolorimetrische Reaktion angegeben, welche auf der Einwirkung von Schwefelsäure auf den Asphalt beruht.

Danach läßt man den zu prüfenden Asphalt in Schwefelkohlenstoff lösen, filtriert ihn und läßt das Lösungsmittel verdunsten; sodann wird der Rückstand solange vorsichtig erhitzt, bis er nach dem Abkühlen brüchig wie Pech ist. Darauf wird derselbe zerkleinert und davon eine Menge von stets annähernd 0,1 g in ein Glasrohr getan und 5 ccm englische Schwefelsäure (nicht Nordhäuser Schwefelsäure) hinzugegossen. Das Glasrohr bleibt hierauf 24 Stunden verschlossen stehen und wird dann vorsichtig und im kalten Wasserbade mit nach und nach 10 ccm Wasser aus einer Pipette in etwa $\frac{1}{4}$ Stunde behandelt und umgerührt. Nach völligem Abkühlen wird die Mischung durch ein Filter in eine Flasche mit 150 bis 200 g Inhalt filtriert und nach völligem Durchfließen noch mit 100 ccm Wasser nachgespült. Die so erhaltene Flüssigkeit ist bei reinem natürlichen Bitumen farblos oder wenig gelblich, bei Vorhandensein von Steinkohlenpech aber tiefbraun bis undurchsichtig schwarz gefärbt.

Ein anderes, ebenfalls von *Durand-Clay* angegebenes kolorimetrisches Verfahren ist folgendes.

Man löst eine Menge von etwa 1 g in 5 g rektifiziertem Benzin, und läßt hiervon durch ein Filter 5 bis 6 Tropfen nach gehörig langer Einwirkung in ein Glasrohr fließen, wozu man neuerdings 5 g Benzin zur Verdünnung gibt. Hierauf setzt man ein gleiches Gewicht Alkohol von 88 Grad *Gay-Lussac* hinzu, schüttelt lebhaft und läßt dann abtitzen. Die Flüssigkeit scheidet sich dabei in zwei Schichten: die obere ist sehr stark gefärbt, die untere alkoholische aber nur dann, wenn das Bitumen mit künstlichen Zutaten versetzt ist; sie ist dann gelb bis dunkelorange.

Da sich bei den von *Hauenschild* angestellten Versuchen zeigte, daß die Beschaffenheit des Benzins leicht eine scharfe Trennung beider Schichten verwische und damit das Ergebnis beeinflusse, versuchte er die Unterscheidung durch Alkohol allein herbeizuführen und sah nach Untersuchung von 10 verschiedenen Asphaltarten, daß sie ganz vortrefflich scharf und rasch gelingt.

Ein bis zu etwa 200 Grad erhitztes Stück von etwa 1 g, in einem gewöhnlichen Reagenzglas nach dem Abkühlen und Zerkleinern mit etwa 5 ccm Alkohol von nicht unter 80 Grad *Gay-Lussac* behandelt, gibt bei nur 2 Vomhundert Gehalt an Braunkohlen- oder Steinkohlenpech eine deutlich gelbe Tönung mit sehr deutlich grüner bis blauer Fluoreszenz von oben gesehen; die Färbung nimmt ebenso wie die Fluoreszenz an Stärke mit Erhöhung des künstlichen Zusatzes zu und geht endlich in das Dunkelweingelbe mit grüngelber Fluoreszenz über.

340.
Anwendung.

Die technische Anwendung der Asphalte ergibt sich aus obigen Grundsätzen. Es ist die größte Sorgfalt auf jeden einzelnen der mitwirkenden Einflüsse zu richten, da gerade bei Asphaltarbeiten das Gelingen in so hervorragender Weise von der Beobachtung aller Umstände abhängt.

Der Stampf Asphalt, der zur Herstellung der Straßenfahrbahnen dient, muß gleichmäßig aus reinem Kalk mit mindestens 7, höchstens 12 Vomhundert Bitumen bestehen, gleichmäßig gepulvert und auf 130 Grad erhitzt sein und darf keine Unreinigkeiten, wie Holz oder Metalle, beigemischt erhalten. Bezüglich sonstiger Einzelheiten in der Ausführung siehe: Teil III, Band 5 (Abt. V, Abschn. 3, Kap. 2: Befestigung der Hofflächen und Bürgersteige) dieses „Handbuches“.

Der Gußasphalt ist billiger und auch leichter als der Stampf Asphalt anzufertigen und findet in erster Linie die ausgedehnteste Anwendung zur Herstellung von Bürgersteigen, zur Bedeckung von Hofräumen, Bahnsteigen, Terrassen ufw., zur Bildung von Fußböden in geschlossenen Räumen ufw. Über Konstruktion und Herstellung solcher Asphaltbeläge oder Asphaltstriche wird noch in Teil III, Band 3, Heft 3 (Abt. IV, Abschn. 3: Ausbildung der Fußbodenflächen) und 5 (Abt. V, Abschn. 3, Kap. 2: Befestigung der Hofflächen und Bürgersteige) dieses „Handbuches“ eingehend die Rede sein; hier sei nur erwähnt, daß man für den vorliegenden Zweck außer den

²⁰⁸⁾ *Annales des ponts et chaussées* 1879—II, S. 267; 1880—I, S. 128; 1881—II, S. 112.

Asphalten von *Val de Travers* und *Seyffel* auch andere Asphalte, insbesondere Limmerasphalt, verwenden kann. Als Goudron benutzt man meist den Asphalt von der Insel Trinidad, von Seyffel, aus der Auvergne ufw. Der Asphalt soll auch hier von Beimengungen möglichst frei sein; häufig werden dickflüssige Harzöle zur Beförderung des Schmelzens beigeetzt. Der bei einer Temperatur von 150 bis 200 Grad flüssig gewordenen Masse wird unter stetem Rühren nach und nach etwa 50 Vomhundert gut gewaschener und tunlichst scharfkantiger Sand von etwa Erbfengröße beigeemengt und solange gekocht und gerührt, bis völlige Gleichmäßigkeit der Mischung erzielt ist. Das Mischungsverhältnis des Sandzufatzes soll möglichst hoch sein, weil dann der Gußasphalt in der Wärme nicht so leicht erweicht, aber doch nicht so groß, daß Kohäsion und Elastizität des Belages beeinträchtigt werden.

Der Gußasphalt wird auch noch zu anderen Bauzwecken, insbesondere zur Sicherung gegen Aufsteigen, Zudrang oder Durchfickerung von Feuchtigkeit, bezw. Wasser, zu sog. Isolierschichten, verwendet; alsdann erhält der Asphalt einen geringeren Sandzufatz. Auch bei des Asphaltbetons, eines Gemenges von Asphaltmafix und Steinschlag, des zu Dachdeckungen dienenden Asphaltfilzes, endlich der für die Abführung von ätzenden Flüssigkeiten sich trefflich eignenden Asphaltrohren, sowie der zu Fußbodenbelägen dienenden Asphaltplatten Erwähnung getan.

Literatur

über „Asphalt als Baustoff“.

- KLINGMANN, F. Das natürliche und künstliche Asphalt und das Asphaltmafix etc. 1848.
 GYSI, O. Der Asphaltleger etc. Berlin 1852.
 HUGUENET, J. *Asphaltes et naphtes. Considérations générales sur l'origine et la formation des bitumes fossiles, de leur emploi etc.* 2. Aufl. Paris 1852. — Deutsch von C. HARTMANN. 2. Aufl. Weimar 1853.
 BORSTELL, G. & F. KOCH. Neuere Arten der Verwendung des Asphaltes in Paris. *Zeitschr. f. Bauw.* 1855, S. 37.
 STEHLIN, S. Der eigentliche Werth und die Ursachen der vorkommenden Werthlosigkeit des Asphaltes als Baumaterial. Wien 1860.
 MALO, L. *Note sur l'asphalte, son origine, sa préparation, ses applications.* Paris 1861. (Aus: *Annales des ponts et chaussées* 1861—I, S. 69.)
 MALO, L. *Guide pratique pour la fabrication et l'application de l'asphalte et des bitumes.* Paris 1866.
Use of asphalt in construction. *Building news*, Bd. 15, S. 339, 356, 390, 438, 457.
 JEEP, W. Der Asphalt und seine Anwendung in der Technik, oder Gewinnung und Darstellung aller natürlichen und künstlichen Asphalte, deren Verwendung zum Belegen von Wegen, Straßen und Höfen. (Neuer Schauplatz der Künste und Handwerke. Bd. 154.) Weimar 1870. — 2. Aufl. 1898.
 MEYN, L. Der Asphalt und seine Bedeutung für den Straßenbau großer Städte. Halle 1872.
 VIDEKY, L. Der Asphalt, seine Gewinnung, Bereitung und Verwendung in der Technik. *Zeitschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1872, S. 426, 443.
 CHABRIER, E. *The applications of asphalt.* London 1876.
 Mittheilungen über die wasserdichten Baumaterialien der Fabrik BÜSSCHER & HOFFMANN. Halle a. S. 1877.
 Ueber Asphaltplatten. ROMBERG's *Zeitschr. f. prakt. Bauk.* 1878, S. 411, 428.
 KAYSER, R. Untersuchungen über natürliche Asphalte. Nürnberg 1879.
 ELLICE-CLARK, E. B. *Asphalt, and its application to street paving.* London 1879.
 MALO, L. *Note sur l'état actuel de l'industrie de l'asphalte.* *Annales des ponts et chaussées* 1879—II, S. 267; 1880—I, S. 128.
 Technische Mittheilungen des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. Heft 10: Der Asphalt und seine Verwendung. Von J. T. ZETTER. Zürich 1880.
 WOAS, F. Der Asphalt, seine Geschichte, Gewinnung und Verwendung. Berlin 1880.
 Der Asphalt, seine Geschichte, Gewinnung und Verwendung. *Ann. f. Gwbe. u. Bauw.*, Bd. 6, S. 353, 397.
 MALO, L. *Note sur l'état actuel de l'industrie de l'asphalte.* *Bulletin de la soc. d'encourag.* 1880, S. 468.

- DIETRICH, E. Die Baumaterialien der Asphaltstraßen. Berlin 1881.
- MÜLLER, E. Untersuchung des Asphaltmastix. Deutsche Bauz. 1881, S. 341.
- HAUENSCHILD, H. Der Asphalt und seine Werthbestimmung. Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1881, Nr. 49.
- KRZYZANOWSKI, K. Der Asphalt und seine Verwendung in der Bautechnik. Rigafche Ind.-Zeitg. 1881, S. 49, 62.
- SPORNY, J. *Note sur un procédé pour distinguer les produits des asphaltes naturels des mastics factices. Annales des ponts et chaussées* 1881—I, S. 112.
- THOMS, G. Beitrag zur Kenntniß einiger Asphaltorten und der bezüglichen Rohmaterialien. Rigafche Ind.-Ztg. 1882, S. 161.
- Ueber neuere Verwendungsweisen des Asphalts im Bauwesen. Deutsches Bauwksbl. 1883 S. 678, 697.
- PINKENBURG. Das Asphaltgewerbe in Deutschland. Deutsche Bauz. 1887, S. 534, 570.
- IWAN. Asphalt, mit besonderer Berücksichtigung des Vorkommens von *Val de Travers*. Oest. Zeitg. f. Berg- u. Hüttenw., Bd. 34, S. 192.
- ZINCK, R. Informationen über Asphalt. Herausg. vom Hamburger Asphaltwerk. Hamburg 1896.
- LETOUZE, P. & P. LOYEAU. *Traité des travaux en asphalte*. Paris 1897.
- Prüfung von künstlichem Asphalt. Deutsche Bauz. 1897, S. 451.
- KOVÁCS, J. Ueber Asphalt, sein Vorkommen, seine Verwendung und einschlägige Untersuchungen. Budapest 1901.
- KÖHLER, H. Die Chemie und Technologie der natürlichen und künstlichen Asphalte. Braunschweig 1904.
- Ferner:
Asphalt- und Teerindustrie-Zeitung und Zeitung für Bodenbelegung, Dachdeckung und Imprägnierung. Red. von K. SACHISTHAL. Berlin. Erscheint seit 1901.

5. Kapitel.

Glas.

Von † HANS HAUENSCHILD; neu bearbeitet von HUGO KOCH.

341.
Glas
als Baustoff.

Die neuere Baukunst, welche das Eisen als Konstruktionsmaterial in so hervorragender Weise anwendet, kann das Glas als notwendige Ergänzung nicht nur nicht entbehren, sondern dieses tritt als raumbegrenzender Bauteil, besonders in den großen Ausstellungs- und Bahnhofshallen, in den Pflanzenhäusern, photographischen Ateliers, neuzeitlichen Warenhäusern usw. so sehr in den Vordergrund, daß der sog. „Kristallpalaststil“ gewissermaßen typisch das Überwiegen dieses Baustoffes über das eigentliche Konstruktionsmaterial darstellt. Die Verbindung von Eisen und Glas ist auch für die Technik des letzteren von größter Bedeutung gewesen, und die Anforderungen an dasselbe haben im Glasgewerbe eine ganz neue Zeit hervorgerufen.

342.
Glasorten.

Für den Architekten kommen in erster Linie jene Glasorten als Ausbaumaterialien in Betracht, welche die Bestimmung haben, das Tageslicht in das Innere der Gebäude zu lassen, in zweiter Linie diejenigen, welche das grelle Licht der künstlichen Beleuchtung bei Nacht mildern und verteilen sollen, und zuletzt noch jene, welche als Ersatz für Stein und Metall und als Mittel für den rein dekorativen Ausbau dienen. Bei der wunderbaren Leichtigkeit, womit das Glas sich den zwei Hauptbedingungen ästhetischer Wirkung, Form- und Farbengebung, anpassen läßt, ist die Zahl der verschiedenen Glasorten ungemein groß. In technischer Beziehung teilt man die Gläser meistens in Tafelglas und in Hohlglas ein. Zwischen beiden steht das in neuerer Zeit so vielfach verwendete

massive Gußglas. Hat das Tafelglas den Zweck, einen luft- und wetterfesten Abschluß herzustellen und gleichzeitig das Tageslicht ungeschwächt in die begrenzten Räume einzulassen, so dient das Hohlglas mehr den Zwecken der künstlichen Beleuchtung und das massive Glas den rein konstruktiven und dekorativen Zwecken. Die Färbung kann dabei den verschiedensten Zwecken entsprechend ganz außerordentlich verschieden sein und verleiht dem Glase eine ganz ungewöhnliche Vielseitigkeit.

Die Güte aller Gläser hängt einerseits von ihrer chemischen Zusammensetzung andererseits von ihrer Erzeugungsweise ab. Der Einfluß der chemischen Zusammensetzung betrifft in erster Linie die Dauerhaftigkeit, die Durchsichtigkeit, die Färbung und das Gewicht der Gläser; der Einfluß der Erzeugungsweise (geblasenes oder gegossenes Glas) äußert sich vor allem bezüglich der Festigkeit und Elastizität, sowie bezüglich der Form und der Abmessungen der Gläser.

343-
Eigenschaften
und
Prüfung.

Die Dauerhaftigkeit richtig zusammengesetzter Gläser ist eine nahezu unbegrenzte. Sie äußert sich durch völlige Unveränderlichkeit des Glanzes, der Durchsichtigkeit und der Farbe, während unrichtig zusammengesetzte Gläser mehr oder weniger rasch den Glanz der Oberfläche verlieren, beschlagen oder beblauen, allmählich irrisierende Zerfetzungshäutchen zeigen oder unter dem Einflusse des Sonnenlichtes ihre Farben verändern und schließlich erblinden.

Nach den Untersuchungen *R. Weber's*²⁰⁴⁾ sollen richtig zusammengesetzte und bewährte Gläser für Architekturzwecke Kalknatrongläser sein, wobei das Verhältnis der Atome Kieselsäure zu Kalk und zu Alkalien annähernd 6 : 1 : 1 sein soll, jedoch mit der erlaubten Schwankung, daß der Alkaligehalt gegenüber dem Kalkgehalt größer oder kleiner sein kann, wenn gleichzeitig der Gehalt an Kieselsäure entsprechend zu- oder abnimmt, so zwar, daß das Atomverhältnis der Kieselsäure zum Gesamtverhältnis der Basen stets annähernd gleich bleibt. Immer unterliegen kalireiche Gläser leichter einer Veränderung als natronreiche; steigt jedoch der Alkaligehalt gegenüber dem Kalkgehalt auf 2 und darüber, ohne daß gleichzeitig der Kieselsäuregehalt entsprechend zunimmt, so wird die Beschaffenheit schon eine mangelhafte.

Die Prüfung von Glasorten auf ihre Dauerhaftigkeit kann unter Umständen sehr wichtig sein. Die einfachste Probe, die aber allerdings nur sehr mangelhafte Gläser als solche kennzeichnet, besteht darin, daß man die gut gereinigten Glasproben längere Zeit entweder allein oder in Eisenvitriol eingebettet stark erhitzt; schlechte Gläser werden dadurch rau und erblinden. Sicherer ist das von *R. Weber* angegebene Salzsäureverfahren.

Danach werden die Gläser zuerst sorgfältigst mittels Alkohol gereinigt, sodann während 24 Stunden über eine mit einer Glasglocke überdeckte, starke, rauchende Salzsäure enthaltende Schale gelegt und hierauf behufs Verdunstung der kondensierten Säureteilchen 24 Stunden in einem abgeschlossenen Raum aufbewahrt. Mangelhafte Gläser zeigen dann immer einen mehr oder weniger starken weißen Beschlag, welcher sich bei den mittelguten Sorten zu einem zarten Hauche abmindert, der bei bewährten Gläsern aber unmerklich wird. Um den Beschlag zu beobachten, ist es sehr zweckmäßig, das abgedunstete Glas parallel mit einem Fenster zu halten und es dann unter einem Winkel von 30 bis 40 Grad im auffallenden Lichte zu beobachten. Dadurch lassen sich die verschieden starken Beschläge leicht vergleichen und zutreffende Schlüsse auf die Dauerhaftigkeit der verschiedenen Glasorten ziehen.

Zur Farbenveränderung unter dem Einflusse des Sonnenlichtes neigen besonders jene Gläser, deren Grundmasse ursprünglich durch Eisen grünlich gefärbt, durch Mangan farblos gemacht wurde. Das Sonnenlicht bewirkt nach längerer Zeit eine in das Purpurrote spielende Verfärbung, welche nach *Pelouze* durch Er-

²⁰⁴⁾ Über die chemische Zusammensetzung der Gläser und die dadurch bedingte Widerstandsfähigkeit derselben gegen atmosphärische Einflüsse. *Annalen der Physik und Chemie*, neue Folge, Bd. IV, S. 431 – und: *Deutsche Töpfer- und Ziegl.-Ztg.* 1879, Nr. 32.

hitzen wieder verschwindet. Nach den langjährigen Beobachtungen *Gaffield's*²⁰⁵⁾ zeigen die gewöhnlichen Gläser meistens Neigung zur Farbenveränderung, und zwar werden die auf der Schnittfläche ersichtlichen Farbstufen mit der Zeit stärker hervortretend, sobald sie der Abschließung ausgesetzt sind.

Die geblasenen Gläser sind stets auf der inneren glänzenderen Seite, welche deshalb die Glanzseite heißt, widerstandsfähiger als auf der rauheren Außenseite. Geblasenes Tafelglas wird daher bei Glaserarbeiten mit der Glanzseite stets nach außen gesetzt. Geschliffene Gläser neigen deutlich mehr zum Beschlagen als ungeschliffene, weil durch das Schleifen die harte Außenkruste entfernt ist.

344.
Färbung
der
Gläser.

Die Färbung der Gläser und damit der verschiedene Grad der Durchsichtigkeit wird durch Zusatz färbender Metalloxyde zur ungefärbten Glasmasse entweder durch den ganzen Glaskörper oder durch Herstellung einer farbigen Schicht auf dem ungefärbten Glase bewirkt. Das ungefärbte Glas kann man nach seiner Reinheit unterscheiden als geringes halbgrünes Glas, woraus billigere Fensterscheiben und Hohlgläser hergestellt werden und wohin auch gegoffenes Rohtafelglas gehört. Feinere Sorten zu den gleichen Zwecken führen dann die Bezeichnung halbweißes Glas; sie bilden das hauptsächlichste Material zu den gewöhnlichen Vergalungen und zeigen auf der Schnittfläche noch einen deutlichen Stich in das Grünliche oder Blaue. Hierzu ist das sog. rheinische Glas zu rechnen. Die weißesten Sorten hiervon werden auch drei Viertel weißes Glas genannt.

Diese Unterscheidung ist wohl jetzt noch vielfach üblich; sie ist aber für die gegenwärtigen Verhältnisse nicht mehr ausreichend und unzutreffend. Ein Unterschied in der Farbe (im Stich) ist heute kaum noch vorhanden. In Berlin und an anderen Orten trennt man deshalb das Glas hauptsächlich nur nach der Stärke und unterscheidet:

1) Rheinisches Glas, hergestellt in Westfalen, der Rheinprovinz, Bayern, Hannover, Schlesien und Sachsen; zeichnet sich vor anderen Erzeugnissen durch die größere Stärke nicht unter — 2,0 bis 2,5^{mm} — aus und wird bis zu rund 2^m Höhe angefertigt.

2) Sächsisches Glas, auf sog. „deutsche Manier“ nur bis 1,60^m Höhe zu Radeberg, Pirna, Schmölln, Straßgräbchen, Lommatzsch, Brand, Arnsdorf und Zwickau erzeugt; Stärke 2,00 bis 2,25^{mm}; besonders rein, weil nur im Hafen geschmolzen.

3) Schlesisches Glas, in Schlesien, der Lausitz und Pommern gleichfalls auf deutsche Manier hergestellt; Stärke 1,5 bis 2,0^{mm}.

Zu feinen Fenstertafeln und guten Hohlgläsern wird das weiße oder rheinische Glas gebraucht, dessen feinste Sorten zu geschliffenen Gegenständen benutzt werden. Besondere Sorten weißen Glases sind das böhmische Solinglas, ein weißes Kaliglas, das Spiegelglas, ein feines Kali-Natronglas mit meist 1 bis 2 Vomhundert Bleigehalt, das Kristallglas, zu den feinsten geschliffenen Gegenständen verarbeitet, ein Bleiglas.

Für gewöhnliche Fenstervergalungen kommt fast nur die 2. Sorte in Frage. Die 1. Sorte wird fast nur für Bildervergalungen verwendet.

Die in der ganzen Masse gefärbten Gläser sind entweder durchsichtig oder mehr oder weniger undurchsichtig. Die ersteren kommen für uns bei der Herstellung von Glasmosaik in Betracht, und man will gegen 30000 verschiedene Farben und deren Nuancen daraus hergestellt haben. Die nur durchscheinenden

²⁰⁵⁾ *L'action de la lumière solaire sur le verre*, Boston. *Bulletin de la société d'encouragement*, Bd. VIII, August 1881, S. 425.

oder undurchsichtigen Gläser, Emailen, dienen besonders zu Beleuchtungszwecken; dazu gehört das Milchglas von rein weißem Tone, das Beinglas und das Opalglas, mit rötlicher Opalisierung, und das Alabafterglas mit alabafterartigem, trübem Schimmer. Hierzu sind die farbenprächtigen Gläser von *Tiffany* in New York zu rechnen, welche in Bleiverglafung einen Ersatz für Glasmalerei liefern.

Das einseitig gefärbte Glas hat in der Form von Überfangglas eine beliebte Anwendung gefunden, besonders in Verbindung mit Ätzung und Sandbläuferei-Verzierung, und scheint in neuerer Zeit in der polychromen Behandlung der Fenster mit der Glasmalerei erfolgreich in Wettbewerb zu treten. Für die Dauerhaftigkeit bedenklich ist die bei Überfangglas häufige Erscheinung, daß die farbige Schicht infolge ungleicher Zusammenziehung beim Kühlen Sprünge zeigt. Farbige Glasbilder werden von *Dillmann* (1901) durch Übereinanderlegen von blauem, rotem und gelbem Überfangglas, welches außerdem geätzt, mattiert und geschliffen fein kann, hergestellt.

Kathedralglas ist in Stärke von 2 bis 3^{mm} gegoffenes weißes oder farbiges Glas, dessen Oberfläche noch mit Flußsäure usw. uneben gemacht ist. Weiteres siehe in Teil III, Band 3, Heft I (Kap. 4) dieses „Handbuches“.

Von der chemischen Zusammensetzung der Gläser ist ferner noch ihr verschiedenes Gewicht abhängig.

245.
Gewicht
und Härte.

Das Einheitsgewicht des halbweißen und gewöhnlichen weißen Fensterglases schwankt zwischen 2,37 und 2,60, das des Spiegelglases zwischen 2,44 und 2,56, das des Kristallglases zwischen 2,80 und 3,20. Ein Einheitsgewicht, welches 2,80 übersteigt, deutet auf Blei- und Barytgehalt hin. Das schwerste Glas ist *Faraday's* Flintglas mit einem Einheitsgewicht von 5,43.

Die Herstellungsweise des Glases ist von großem Einflusse auf die Härte, Elastizität und Festigkeit desselben. Besonders wichtig ist dabei der Einfluß der Kühlung.

Sorgfältig gekühlte Gläser haben größere Elastizität; zu langsam gekühlte zeigen bei großer Weichheit leicht Neigung zum Entglafen und werden dann undurchsichtig; zu rasch gekühlte Gläser sind bei größerer Festigkeit allzu spröde. Richtig gekühlte Gläser zerlegen im Polarisationsapparate das Licht nicht, daher *Bontemps* den Polarisationsapparat zur Prüfung auf gute Kühlung vorschlug. Die Kühlung kann auch nach der Erfindung *Alfred de la Bastie's* zur Herstellung von Hart- oder Vulkanglas (*Verre trempé*) benutzt werden. Zu diesem Zwecke wird bis zur Erweichung erhitztes Glas plötzlich in einem Öl-, Stearin- oder Metallbade auf mindestens 200 Grad abgekühlt; sodann darf es nur sehr langsam nach und nach erkalten.

Das Hartglas, welches sich für verschiedene Zwecke, besonders zu Beleuchtungsgegenständen, eingeführt hat, ist viel elastischer und härter als gewöhnlich gekühltes Glas.

Auf die Elastizität und Festigkeit des Glases sind auch von Einfluß die Form des betreffenden Glasstückes, seine Dicke und der Umstand, ob das Probestück in seiner Größe durch den Erzeugungsvorgang unmittelbar hergestellt oder aus einem größeren Stücke herausgeschnitten wurde. Über die Art der Einwirkung der verschiedenen Einflüsse auf die Elastizität und Festigkeit des Glases können ganz bestimmte Angaben auf Grundlage der seitherigen Versuchsergebnisse nicht gemacht werden; als Anhalt können indes die folgenden Zahlen dienen.

346.
Elastizität
und
Festigkeit.

Glasorte	Elastizitäts- ziffer nach <i>Wertheim</i> und <i>Chevandier</i>	Zugfestigkeit nach		Druckfestigkeit nach	
		<i>Wertheim</i> und <i>Chevandier</i>	<i>Fairbairn</i>	<i>Fairbairn</i> für Zylinder Würfel ²⁰⁶⁾	
Fensterglas	791,7	176,3	—	—	—
Spiegelglas	701,5	140,0	—	—	—
Ungefärbtes bleifreies Kristallglas	689,0	100,2	—	—	—
Weißes und farbiges Kristallglas.	547,7	66,5	—	—	—
Gekühltes Flintglas	—	—	161 bis 179	1940	923
Grünes Glas	—	—	203	2241	1421
Crown-Glas	—	—	179	2180	1531
	Tonnen für 1 qcm		Kilogramm für 1 qcm		

Der Koeffizient der Biegefestigkeit beträgt nach *Schwering* ²⁰⁷⁾ für geblasenes Rohglas in Stärken von 3 bis 5 mm im Mittel 375 kg auf 1 qcm; für gegoffenes Rohglas nimmt derselbe mit wachsender Stärke ab, so daß man für Glasstärken δ zwischen 5 und 15 mm diesen Koeffizienten mit $200 + 1,6(15 - \delta)^2$ Kilogr. für 1 qcm annehmen kann. Für Preßhartglas setze man etwa 1000 kg für 1 qcm. Die berühmten Spiegel- und Gußglas-Manufakturen von St.-Gobain geben den Bruchkoeffizienten ihres gutgeköhlten Glases mit 250 kg für 1 qcm an ²⁰⁸⁾.

De la Baftie ²⁰⁹⁾ sagt, daß die Elastizität des Hartglases mehr als doppelt so groß ist, wie beim gewöhnlichen Glase; einfaches Hartglas ist etwa 1,5-mal, anderthalbfaches aber 3,1-mal so widerstandsfähig als gewöhnliches Glas von Doppeldicke. Die Biegefestigkeit, bei gewöhnlichem Glase sehr klein, ist bei Hartglas sehr hoch; polierte gehärtete Glasplatten von 6 bis 13 mm Dicke waren 3,67-mal so fest als gewöhnliches Glas von gleicher Dicke; rohe gehärtete Glasplatten hingegen 5,33-mal so widerstandsfähig als gewöhnliches Rohglas. Bezüglich der Stoßfestigkeit hat sich ergeben, daß gewöhnliches Glas von 6 mm Stärke beim Auffallen eines 100-Grammgewichtes mit 80 cm Fallhöhe zerpringt, Hartglas von nur 3 mm Dicke bei gleichem Fallgewicht einer Fallhöhe von 5,75 m bedarf. Nach *Bauer* soll richtig hergestelltes Hartglas selbst mit dem Diamanten sich nicht mehr zerschneiden lassen ²¹⁰⁾.

Beim Tafelglas unterscheidet man bekanntlich geblasenes und gegoffenes. Das geblasene Tafelglas wird nach zwei wesentlich verschiedenen Verfahren hergestellt, und zwar als sog. Walzenglas und als Mondglas.

Das Walzenglas, wie man es auf dem Festland ausschließlich erzeugt, wird durch Aufsprengen einer zylinderrörmig geblasenen Walze auf dem Strecktische hergestellt und kann ganz ansehnliche Größe haben. Es gibt Tafeln aus Walzenglas im Handel, welche bis 1,65 m Höhe bei 1,02 m Breite haben und bis 15 kg wiegen. Ausnahmsweise hat man Walzenglas von 3,05 m Höhe bei 1,16 m Breite = 3,5 qm angefertigt; gewöhnliche Walzen haben durchschnittlich ein Gewicht von 4 kg und je nach ihrer Dicke verschiedene Abmessungen. (Siehe Art. 344, S. 308.)

Der Dicke nach werden verschiedene Abstufungen hergestellt, und man unterscheidet bei Walzenglas:

dünn oder $\frac{7}{8}$ stark, ungefähr 1,5 mm dick; 1 qm davon wiegt etwa 3,6 kg;
ordinär oder $\frac{4}{4}$ stark (auch einfaches Glas genannt), ungefähr 2 mm dick; 1 qm davon wiegt etwa 4,8 kg; $\frac{5}{4}$ stark, ungefähr 2,5 mm dick; 1 qm davon wiegt etwa 6 kg;
 $1\frac{1}{2}$ oder $\frac{9}{4}$ stark (auch anderthalbfaches Glas genannt), ungefähr 3 mm dick; 1 qm davon wiegt etwa 7,2 kg;
doppelt oder $\frac{8}{4}$ stark (auch Doppelglas genannt), ungefähr 4 mm dick; 1 qm davon wiegt etwa 8,4 kg.

²⁰⁶⁾ Aus größeren Stücken herausgeschnitten, daher schlecht geköhlt.

²⁰⁷⁾ Siehe: SCHWERING. Ueber die Biege-Festigkeit des Glases mit Rückficht auf die Construction von Glasbedachungen. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1880, S. 69.

²⁰⁸⁾ Siehe auch: CONNERT, F. Ueber die Biegefestigkeit des Glases. Civiling., 1888, S. 1, 109, 621.

²⁰⁹⁾ *Comptes rendus* 1881, S. 194.

²¹⁰⁾ *Sur la résistance à la flexion du verre trempé. Comptes rendus*, Bd. 92, S. 194.

347.
Tafelglas.

348.
Walzenglas.

Weiteres hierüber in Teil III, Band 3, Heft 1 (Kap. 4) dieses „Handbuches“.

Die stärkeren Nummern des halbdoppelten und doppelten Glases dienen auch als Spiegel-scheiben und werden dann geschliffen. Dieses geblasene deutsche Spiegelglas kommt in zwei Hauptformen im Handel vor: als Judenmaßgläser, und zwar einfach Judenmaß: 268 mm lang, 216 mm breit, und doppelt Judenmaß: 432 mm lang, 268 mm breit; sodann als Zollgläser von sehr wechselnden, nach Zollen angegebenen Abmessungen.

Dem Format nach, d. h. dem Verhältnisse der Höhe h zur Breite b unterscheidet man bei den Walzengläsern:

Quadrate oder Butte	$h = b,$	Bezeichnung: □
Gevierte oder Quadrate	$h = b + \frac{b}{4-6},$	„ □
Gewöhnliche	$h = b + \frac{b}{3-4},$	„ ○
Hohe	$h + b = \frac{b}{2},$	„ Δ

Steigt die Höhe gegenüber der Breite noch mehr, so nennt man die Gläser lange; dieses Format kommt jedoch selten vor.

Die Quadrate und gewöhnlichen Formate werden meist von deutschen Glashütten mit Ausnahme der rheinischen hergestellt, weil die deutschen Glasbläser die Walzen mit größerem Durchmesser, dafür aber kürzer zu blasen pflegen und als Höhe der Tafeln den Umfang der Walze nehmen. Solches Glas hat fast kreisrunde Blasen in fehlerhaften Stellen.

Die rheinisch-belgischen Glashütten erblasen meist die längeren Formate und nehmen als Höhe die Höhe der Walze; fehlerhafte Stellen zeigen langelliptische Blasen.

Für die Verglasung der Fenster wird meist eine Glasorte gewählt, für welche sich die Bezeichnung „Rheinisches Glas“ eingebürgert hat (siehe Art. 344, S. 308); doch ist dies nur der Ausdruck für die Herstellungsweise, nicht aber eine besondere Kennzeichnung des aus den rheinisch-westfälischen Glashütten hervorgehenden Erzeugnisses.

Die Abmessungen der Tafeln werden bei Berechnung nach Bundem nicht im Flächenmaß, sondern im Additionsmaß, d. h. „Höhe + Breite“ als Maßzahl angegeben, häufig jetzt aber auch nach Quadr.-Metern.

In England ist vielfach das Mondglas, besonders wegen seines hervorragenden Glanzes, bei großer Düntheit und Biegsamkeit, als Tafelglas noch beliebt. Dieses gibt, da es eine runde Scheibe mit dem Pfeifenanzatz als Buckel in der Mitte (Ochsenauge) darstellt, welche meist nur etwa 1,50 m Durchmesser hat, bedeutend geringere Abmessungen; man erkennt es außer am erhöhten Glanze auch an nach den zentralen Stellen zu wachsender Dicke und an selten fehlenden konzentrischen, ringförmigen Streifen, welche von der Art der Herstellung herrühren.

Die Stärke des Mondglases ist gewöhnlich 1,4 mm; 1 qm hiervon wiegt dann 3,66 kg; extrastarkes von 2,1 mm Dicke wiegt 5 kg für 1 qm. Die Abmessungen, in denen Mondglas geliefert wird, sind meistens 860 mm Höhe bei 460 mm Breite für hohes Format und 790 mm Höhe bei 530 mm Breite für gewöhnliches Format.

Das gegoffene Tafelglas ist das Hauptmaterial der modernen Glasbauten, als Tafelglas sowohl, wie als Spiegel. Die hervorragendsten Leistungen dieser Art liefert die Begründerin der Gußglas-Industrie, die berühmte *Société anonyme de manufactures des glaces de St.-Gobain, Chauny et Cirey*, welche auch in Stolberg und bei Mannheim Zweigfabriken besitzt.

Das gegoffene Tafelglas wird unterschieden in Rohglas und poliertes oder Spiegelglas. Größere Flächenabmessungen und bedeutendere Stärken sind hier ganz außerordentlich viel leichter möglich als beim geblasenen Glase.

So hatte *St.-Gobain* 1878 in Paris eine polierte Platte von 6,45 m Höhe, 4,11 m Breite und 11 mm Stärke ausgestellt, welche daher eine Flächenausdehnung von 26,5 qm hatte und 735 kg wog. Schaufelergläser von 16 qm Größe sind heute nichts Außergewöhnliches mehr.

Ebenso ist die Dicke beliebig verschieden. So liefert die Stolberger Anstalt z. B. für Aquarien und Irrenhausfenster Tafeln von 14 und 20 mm Dicke, während zur Beleuchtung von Kellern unter Hofräumen quadratische Platten von 33 mm mittlerer Stärke und 270 mm Seitenlänge, die für 1 qm 77 kg wiegen, sehr häufig benutzt werden. Zur Erleuchtung von Räumen unter lebhaft von

349.
Mondglas.

350.
Gegoffenes
Tafelglas.

Fuhrwerken befahrenen Flächen dienen auch noch Pflasterwürfel aus Rohglas von 165 mm Stärke bei 150 mm Seitenlänge; ein solcher Würfel wiegt 9 kg. Glas mit Ornamentguß wird von dem Verein deutlicher Spiegelglasfabriken in den Handel gebracht in Größen bis zu 3 m Höhe und 0,90 cm Breite; es enthält an einer Seite reliefierte, eisähnliche Muster, durch deren kleine prismatische Flächen das Licht verfräkt werden soll, und gibt eine undurchsichtige, glänzend helle Zierverglafung.

Rohglasplatten (*Dalles brutes*) nennt *St.-Gobain* jene ungeschliffenen Platten, die mehr als 14 mm Dicke haben. Diese besonders zur Erleuchtung unterirdischer Räume benutzten Platten werden in folgenden Abmessungen geliefert: $2\text{ m} \times 0,81\text{ m} = 1,62\text{ qm}$, Stärke 15 bis 16 mm, Gewicht 65 kg; ferner bei gleicher Quadratfläche

in Stärken von 20 bis 21 mm und einem Gewichte von	82 kg
" " " 25 " " " " "	105 "
" " " 31 " " " " "	125 "
" " " 37 bis 38 " " " " "	150 "

Die wichtigsten Sorten gegoffenen Glases sind die Rohgläser für Deckenlichter, welche durch parallele oder rautenförmig angeordnete Riefen und durch natürliche Unebenheiten das einfallende Licht brechen und zerstreuen, daher ein angenehmes, ruhiges Licht geben. Ihre Dicke beträgt gewöhnlich zwischen 4 und 6 mm, und 1 qm wiegt etwa 12,5 kg.

Für verglaste Decken und Deckenlichter, welche begangen werden sollen, bezw. für Glasfußböden werden besonders starke Glasplatten oder Glasfliesen in den Handel gebracht. Damit sie für das Begehen nicht zu glatt sind, werden sie meist an ihrer Oberfläche gerieft oder kreuzweise gefurcht hergestellt.

Solche Glasfliesen werden namentlich in den großen Pariser Geschäftshäusern in großem Umfange verwendet; sie messen dort 35 cm im Geviert, sind 6 bis 7 cm dick, mit 1 cm tiefen, einander kreuzenden Riefen versehen und haben eine etwas grünliche Farbe.

Die „Aktiengesellschaft für Glasindustrie vorm. *Friedr. Siemens*“ in Dresden erzeugt „Glas- hartguß-Fußbodenplatten“ in verschiedenen Riefungsmustern, weiß und halbweiß, welche 15, 16,5, 20, 22, 30, 33, 36, 39 und 42 cm im Quadrat messen.

Näheres über derartige Gläser (Glasprismen und -Linien usw.) siehe in Teil III, Bd. 2, Heft 3, b (Abt. III, Abchn. 2, C, Kap. 21) dieses „Handbuches“.

Mit großem Vorteil werden auch die Dachziegel aus Gußglas verwendet. Von diesen kommen alle Formen der gewöhnlichen und Falzziegel vor und bieten den Vorteil, an jeder beliebigen Stelle des Daches Beleuchtung hervorrufen zu können, ohne konstruktiven Eingriff in die Eindeckung. Die gläsernen Dachfalzziegel wiegen gegenüber den Ton-Dachfalzziegeln 2,5 kg gegen 3 kg, und man rechnet von den gebräuchlichen Sorten 13 Stück auf 1 qm.

Die stärker geriefelten Platten besitzen nach *Schwing* eine größere Festigkeit als Platten ohne Riefelung von gleicher Dicke; das Rautenmuster, wovon gewöhnlich zwei Muster gemacht werden, deren Linien 10 und 100 mm Entfernung haben, soll hingegen nach praktischen Erfahrungen der Glashütten auf die Festigkeit ungünstig wirken. Die dünneren Rohglasarten haben häufig Arbeits-, bezw. Kühlungsfehler, welche ihre Festigkeit in schädlicher Weise beeinflussen und von der Anwendung solcher abhalten sollten. Es sind dies Haarrisse, unregelmäßige Sprünge an der Oberfläche, welche sich infolge von Stößen, z. B. unter leichten Hammerschlägen, rasch vergrößern und Springen der Platten herbeiführen können. Die Rohglasarten für Deckenlichter sind zu den gewöhnlichen Preisen für 1 qm bei einer Stärke von 4 bis 6 mm bis zu Größen von 1,5 qm, d. h. von $81 \times 210\text{ cm}$ zu haben; die Länge darf jedenfalls nicht 250 cm und die Breite nicht 81 cm überschreiten, wenn nicht ein erhöhter Einheitspreis eintreten soll, weil bei dünnen Platten, die aufrecht lehrend gekühlt werden, das Windschiefwerden oder Verziehen desto leichter eintritt, sobald eine gewisse obere Grenze überschritten wird.

In Paris werden gläserne Pflastersteine benutzt, welche aus Glasabfall hergestellt sind, der bis zum Weichwerden erwärmt und dann unter hydraulischem Druck stark gepreßt wird, worauf das Zerfchneiden in Würfelform erfolgt, um die Steine beim Pflastern gut verlegen zu können.

Gebogene Platten werden meist aus besonders starkem, geblasenen Glase auf einer entsprechenden Unterlage gestreckt, lassen sich aber auch aus poliertem oder

dünnem Rohglase herftellen, finden jedoch ihres hohen Preifes halber feltener Anwendung für Erkerfenfter, Windfänge, Schaufenfter, Treibhäufer ufw. Geblafenes Glas, welches auf einem eigens dazu geformten Strecktilche mit wellenförmigen Unebenheiten verfehen wird, heißt Schuppen- oder kanneliertes Glas und vertritt das geriefelte Rohglas.

Da geblafenes Glas im Durchfchnitt höhere Feftigkeit befitzt als gegoffenes von gleicher Stärke, fo wird es, fo weit feine geringeren Abmeflungen es zulaffen (ftärkere Dachgläfer von $4\frac{1}{2}$ bis 5 mm Dicke find nur in Abmeflungen von 100×64 oder $96 \times 68\text{ cm}$ zu haben), auch vielfach gebraucht, während das Hartglas, und zwar befonders das *Siemens'sche* gehärtete Tafelglas, auch Preßhartglas genannt, deffen Feftigkeit allerdings beträchtlich größer ift, einerfeits der geringen Abmeflungen von 30 bis $40 \times 50\text{ cm}$, andererfeits des hohen Preifes halber feltener Anwendung findet. Es wird durch Pressen des rotwarmen Glases zwischen rafchkühlenden Metallplatten erzeugt und ift allerdings fehr widerftandsfähig gegen Stoß, Schlag und plötzlichen Temperaturwechfel, zerfpringt aber fehr leicht durch Ritzen. Hierzu kam bisher auch der Übelstand, daß fcheinbar tadellofe Platten manchmal plötzlich auch ohne äußerlich wahrnehmbare Ursache fpringen; die „Aktiengefellfchaft für Glasindustrie vorm. *Friedr. Siemens*“ in Dresden läßt deshalb jede einzelne Platte vorher auf ihre Feftigkeit prüfen, bevor fie als brauchbar verkauft wird. Gegenwärtig wird das Preßhartglas auch in größeren Abmeflungen hergefellt, und zwar in Flächen bis zu $90 \times 130\text{ cm}$; indes fteigen die Preife rafch mit der Größe und Stärke. Das früher vorgekommene freiwillige Zerfpringen der verlegten Preßhartglastafeln foll nach Angaben des Erfinders durch Änderungen im Herftellungsvorgang jetzt verhindert werden.

Von der genannten Dresdener Anftalt werden folgende Sorten von gehärtetem Tafelglas (Preßhartglas) erzeugt: helles Preßhartglas, mattiertes Preßhartglas, muffelinirtes Preßhartglas, farbiges (rotes, grünes, blaues, violettes, gelbes, milchweißes und Überfang-) Preßhartglas.

Da fch Preßhartglas nicht fchneiden läßt, muß man bei Beftellungen entweder die Abmeflungen ganz genau angeben oder genaue Schablonen einfenden.

Von der „Aktiengefellfchaft für Glasindustrie vorm. *Friedr. Siemens*“ in Dresden wird feit einigen Jahren auch fog. Drahtglas hergefellt. Die Glasmaffe wird im flüffigen Zustande mit einer Metall- oder Drahteinlage verfehen, wobei das Glas die Einlage vollftändig deckt und gegen das Rosten fchützt. Das Glas erträgt den fchroffften Wärmewechfel, ohne auseinander zu brechen, und bewährt feine Haltbarkeit fogar, wenn es erhitzt mit Waffer befpritzt wird und Sprünge erhält; die Drahteinlage beeinträchtigt die Lichtdurchlässigkeit in nur geringem Maße (bei 1 mm Drahtstärke und $7,5\text{ mm}$ Malchenweite um 27 Vomhundert). Durch diefe Eigenschaften erfeheint folches Glas namentlich für die Verwendung zu Decken- und Dachlichtern, für Glasfußböden, Glasdecken und Fabrikfenfter fehr geeignet.

Die Drahtglastafeln werden von der genannten Fabrik in Stärken von etwa $7, 8$ bis $10, 15, 20, 25$ und 30 mm geliefert. Für die 7 mm und 8 bis 10 mm ftarken Tafeln find $50 \times 100\text{ cm}$ und $53 \times 104\text{ cm}$ Lagermaße; doch werden auf Beftellung die 7 mm und 8 bis 10 mm ftarken Tafeln bis zu $1,5\text{ qm}$ Fläche, aber nicht länger als $2,50\text{ m}$, die 15 mm ftarken Tafeln bis zu $1,25\text{ qm}$ Fläche, aber nicht länger als $1,50\text{ m}$, die 20 und 25 mm ftarken Tafeln bis zu $1,25\text{ qm}$ Fläche, aber nicht länger als $1,30\text{ m}$ erzeugt.

Nach *Hartig*²¹¹⁾ beträgt die Bruchfeftigkeit des Drahtglases das $1,4$ -fache von derjenigen des gewöhnlichen Glases. Zur vollen Zerftörung des Drahtglases mittels eines ohne Stoß durchdringenden Körpers würde die 558 -fache Arbeit

351.
Hartglas.

352.
Drahtglas.

²¹¹⁾ Siehe: Civiling. 1892, S. 265.

gegenüber dem gewöhnlichen Glase ohne Drahtgewebe notwendig fein, insofern man die Ränder der Drahtglasplatten so befestigt, daß beim Brechen des Glaskörpers das Drahtgewebe den Bruchstücken nicht zu folgen vermag. Ein Übelstand dieses Glases ist, daß es in den erforderlichen Größen auf Bestellung angefertigt werden muß, weil es sich nicht schneiden läßt. Dieser ist jedoch bei dem von der Aktiengesellschaft *Schalke* nach anderem Verfahren hergestellten, etwas weitmaschigeren Drahtglase vermieden.

353-
Schirmglas.

In neuester Zeit ist es *Zsigmondy*²¹²⁾ gelungen, ein Glas herzustellen, welches die strahlende Wärme in hohem Maße aufnimmt und das er Wärmeschirmglas oder Schirmglas kurzweg nennt. Dem Glasatz wurden Eisenoxyd und Reduktionsmittel zugesetzt, und das Ganze schmolz man bei einer Temperatur, die der des Scharffeuers in Porzellanöfen nahe kam. Es hat den Anschein, daß durch Reduktionswirkung das Eisenoxyd nahezu vollständig in Eisenoxydul übergeht; das Glas ist deutlich blau gefärbt mit einem Stich in das Grüne.

Dieser Baustoff hat in solchen Fällen Eingang gefunden, wo man den Abschluß der Räume durch Glas bewirken muß und wo man nicht selten zur Sommerszeit von der unerträglichen Hitze viel zu leiden hat, wie z. B. unter Decken- und Dachlichtern, unter Glasdachziegeln, in Treibhäusern usw.

354-
Dekorations-
weifen.

Die Dekorationsweifen der Tafelgläser bezwecken entweder matte, farblose Muster auf farblosem Grunde oder durchlichtige auf mattem Grunde, farblose auf farbigem, sowie farbige auf farblosem oder gefärbtem Grunde.

Man hat hierzu das Einbrennen, Gravieren, Schleifen, Ätzen und Sandblasen in Anwendung gebracht, und je nach der beabsichtigten Wirkung wird noch heute jedes dieser Verfahren benutzt.

Das Einbrennen ist nichts, als die Herstellung einer durchbrochenen andersfarbigen oder undurchsichtigen Glaschicht auf dem Grundglase, wie bei der Erzeugung des Muffelglases, oder es dient als Grundlage der eigentlichen Glasmalerei. Das Gravieren wird entweder mittels Diamant oder, wie in neuerer Zeit eingeführt, mittels elektrisch glühenden Platindrahtes durchgeführt und erzielt die feinsten Konturen. Das Schleifen mittels Schmirgel-Schleifgeräten oder Sandsteinen ist ebenfalls für Flächendekoration entweder mit oder ohne Polieren vielfach in Anwendung. Das Schleifen und Polieren ist hauptsächlich bei der Herstellung von Spiegelgläsern und Kristallgläsern angebracht.

Das Ätzen geschieht mittels Flußsäure; die Zeichnung wird hierbei dadurch ausgeführt, daß durch Harze oder Fette derjenige Teil der Tafel vor dem Angriff der Flußsäure geschützt wird, welcher glänzend bleiben soll, und daß man die übrigen Stellen mit einem Brei von Flußpatmehl und Schwefelsäure oder mit flüssiger Flußsäure oder Fluorammon matt ätzt.

Das Sandblasen oder Mattschleifen mittels Sandstrahl hat seit seiner Erfindung durch *Tilghmann* weitaus den ersten Rang als Dekorationsverfahren sich errungen und gestattet mit geringem Zeit- und Kostenaufwande die Herstellung verschieden tiefer Mattierung. Besonders üblich ist neuerdings das Ätzen und Sandblasen von Überfangglas geworden, wodurch farbige Zeichnung auf farblosem Grunde oder umgekehrt zur Anschauung kommt. Auch durch wiederholte Ätzung oder Sandbläse werden wirkungsvolle Zeichnungen Matt in Matt (*Grisaille*) erzeugt.

355-
Hohlglas.

Das Hohlglas, soweit es für Architekturzwecke in Betracht kommt, dient hauptsächlich zu Beleuchtungszwecken; es ist namentlich seit Einführung der Gas- und der elektrischen Beleuchtung in unsere Räume ein nicht unwichtiges Material der inneren Ausstattung geworden. Die Formen, in denen Hohlglas hierzu verwendet wird, sind, dem Zwecke der Abhaltung von Luftzug und der Zerstreuung des Lichtes entsprechend, sphäroidisch mit oben und unten abgeschnittenen Polen.

Im besonderen kommen davon vor: Kugeln mit glatt abgeschliffenen Öffnungen unten und oben, oder mit kurzen wulstigen Halsansätzen, wovon der untere einen kleineren Durchmesser

²¹²⁾ Näheres siehe: ZSIGMONDY, R. Für Wärmestrahlen undurchlässiges Glas. Polyt. Journ., Bd. 287, S. 17, 68, 108 — fowie: Journ. f. Gasb. u. Walf. 1893, S. 574, 592 u. 610.

befitzt als der obere; auch aus zwei Halbkugeln zusammengesetzte Kugeln, wovon die obere in einer kleinen Randerweiterung des oberen Umfanges der unteren Kugel sitzt und sich daher behufs Reinigung leicht abnehmen läßt, finden Anwendung. Sodann folgen außerordentlich mannigfaltige Formen von fog. Gaschalen, von der flachsphäroidischen halbgeschlossenen Form mit eingezogenem Fuße an bis zur flachtellerförmigen Schale mit ebenem oder ausgefchnittenem Rande. Für Flur- und Gartenbeleuchtung werden vielfach Ampeln in verkehrt eiförmiger Gefalt oder in Urnen- und Amphorenform verwendet. Seltener bedient man sich bei der Gasbeleuchtung noch der Tulpenform. Dazu kommen die verschiedensten Formen von Lampenschirmen aus Milchglas, die Schutzglocken über den Gasbrennern und die im besondern für die elektrische Beleuchtung geeigneten Glasgegenstände. Der Schmuck dieser Hohlgläser für Beleuchtungszwecke bewegt sich meist in zierlichem geometrischem oder in lebensvollem Rankenornament, in Ätzmanier oder bunfarbiger Ausführung.

Seit einigen Jahren erzeugen die Glashüttenwerke „Adlerhütten, *H. Mayer & Co.*“ zu Penzig in Schlefien fog. Glashohlsteine oder Glasbaufteine, System *Falconnier*, welche sich wie andere Steine mit Hilfe von Mörtel zu Wänden und zu gewölbten Decken vereinigen lassen. Solche Wände und Decken empfehlen sich namentlich dort, wo möglichst viel zerstreutes Licht in die Räume eingeführt werden soll, z. B. für große und tiefe Arbeitsäle, für Künftlerateliers, Pflanzenhäuser, Operationsäle usw., auch dann, wenn eine tunlichst gleichmäßige Temperatur gewünscht wird, wie in Eisfabriken, Schlächtereien usw.

Diese Glasbaufteine sind linsenförmige Hohlkörper aus Glasmasse und werden sowohl als ganze, wie auch als Dreiviertel-, halbe und Viertelsteine hergestellt; sie werden halbweiß, weiß, milchglas und in satten, dunkeln Farben erzeugt. Auf 1^{qm} gehen rund 55 Stück.

Ferner werden von der mehrfach bereits genannten „Aktiengesellschaft für Glasindustrie vorm. *Friedr. Siemens*“ in Dresden „Glashartguß-Mauersteine“ angefertigt, welche $25 \times 12,5 \times 6,5$ cm Abmessung haben und in halbweißem Zustand hohl oder massiv geliefert werden.

Die Sächsischen Glaswerke A. - G. vorm. *Grützner & Winter* in Deuben bringen Hartglasbaufteine „Fault“ in den Handel, welche kaltenartig gegossen sind und das Format unserer gewöhnlichen Backsteine haben, so daß man sie mit letzteren vermauern kann.

Jeder Stein hat an der einen Seite eine Nut, an der anderen eine Feder und läßt sich so mit anderen Mauersteinen im Verband vermauern. Das Glas kann auch gelb, blau oder grün gewählt werden.

Das massive Glas wurde zwar in Form von Pflasterwürfeln, Baufteinen usw. schon erwähnt; hier handelt es sich jedoch anhangsweise noch um die Beschreibung desselben als Dekorationsmaterial. Am glänzendsten wirkt das farblose, in Facetten geschliffene Kristallglas, wie es jetzt wieder vielfach für Saalkronleuchter, aber auch für dekorative Verglasung von Abschlußwänden, Türen usw. angewendet wird. Milchglas und Farbglas werden gepreßt und geschliffen auch zu eleganten Türdrückern, Klingelzuggriffen, Oliven usw. verarbeitet; ja in der Glasmalerei verwendet man farbiges Glas in halberhabenen, plattischen Formen, ob mit Berechtigung oder nicht, sei hier unerörtert gelassen; wirkungsvoll in höchstem Grade bleibt dieses Verfahren jedenfalls und kann als eine Ausbildung der altdeutschen Butzenglas-Fenster betrachtet werden.

Ferner sind die „Glashartguß-Wandverkleidungsplatten“ anzuführen, welche von der „Aktiengesellschaft für Glasindustrie vorm. *Friedr. Siemens*“ erzeugt werden; sie haben ein Flächenmaß von 22×22 cm und werden in Dicken von 15, 22 und 25 mm, weiß und halbweiß, glatt und gemultert, geliefert; auch zugehörige Simse und Frieße sind erhältlich. Ebenso ist der gepreßten Glasplatten für Wandbekleidung aus dem schlesischen Tafelglas-Hüttenwerke von *Pieschel & Hoffmann* zu Bernsdorf zu erwähnen; sie messen 14,3 cm im Quadrat, sind 8 mm

356.
Glas-
baufteine.

357.
Massives
Glas.

dick, haben einen elfenbeinartigen Ton und sind an der Vorderseite mit plastischem Ornament versehen. Über Glasfußböden (Keramo), Glasmosaik usw. siehe Teil III, Band 3, Heft 3 (Kap. 2 u. 10) dieses „Handbuches“.

358.
Elektroglas.

Elektroverglangung wird von dem deutschen Luxferprismen-Syndikat in Berlin S. hergestellt.

Zu diesem Zwecke werden die einzelnen Glasplatten in erforderlicher Form auf einem Tische ausgebreitet und in die Stoßfugen Kupferstreifen von der Dicke des Glases gelegt, so daß jede Scheibe von einem solchen Streifen, der sie von der Nachbarscheibe trennt, eingefasst ist. Diese Kupferstreifen werden sodann verlötet, so daß sie ein Netz mit Glaseinlagen bilden, welches durch einen Eisenrahmen umfäumt wird. Das Ganze wird nunmehr in ein Kupferbad getaucht und mit der Kathode der elektrischen Leitung verbunden, worauf sich das Kupfer an allen Metallteilchen festsetzt, etwa vorhandene Lücken zwischen Glas und Kupferstreifen ausfüllt und schließlich über letzteren noch einen Wulst bildet, welcher die Ränder der Glasplatte überdeckt und letztere in dem Metallnetz festhält.

Das Elektroglas soll besonders auch das Drahtglas ersetzen.

Literatur

über „Glas als Baustoff“.

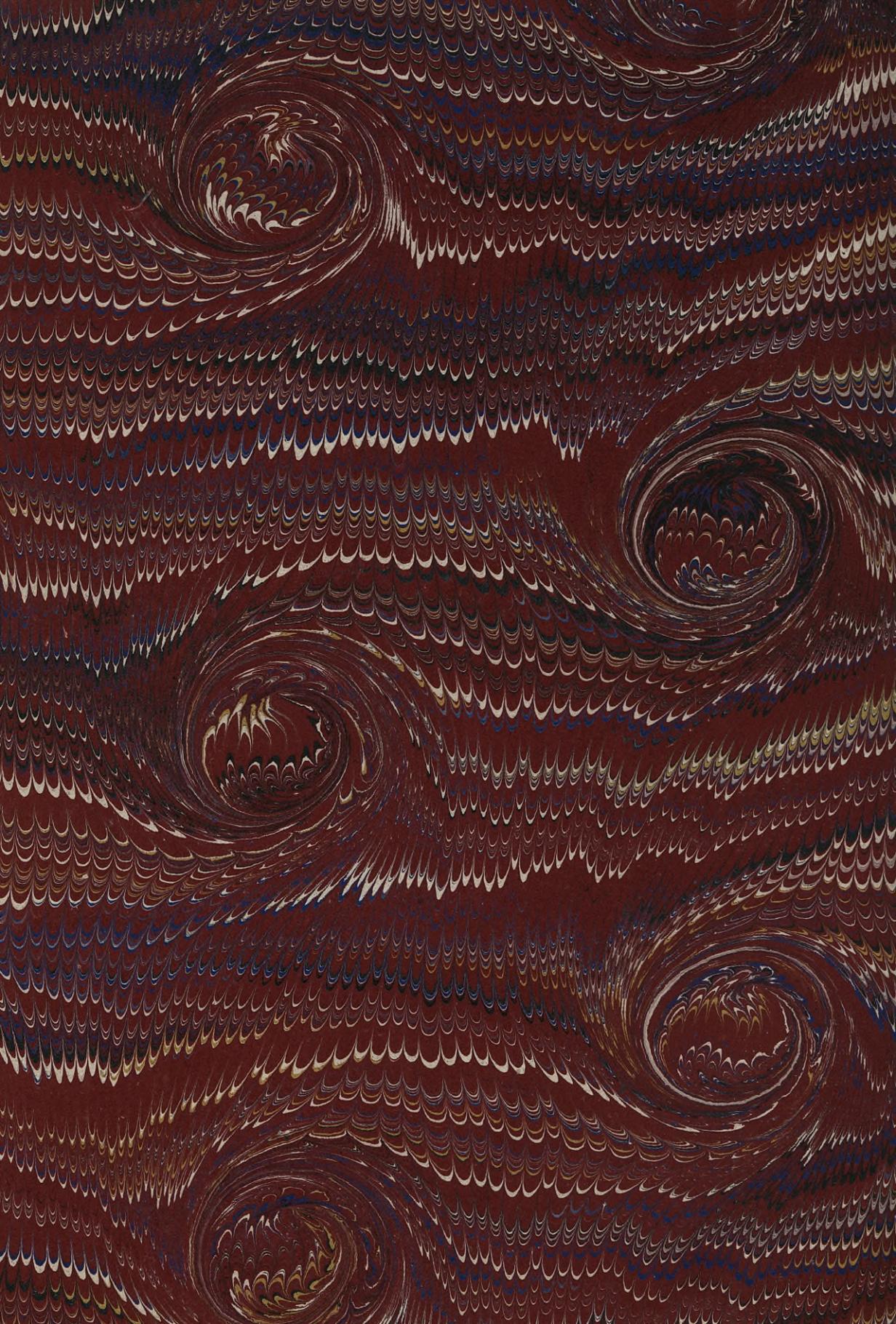
- Gegoffenes starkes Glas zur Bedachung von Lichthöfen, Eisenbahn-Einfsteigehallen, Spinnereien, Webereien, Treibhäusern usw. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1858, S. 215.
- LOBMEYER. Die Glasindustrie, ihre Geschichte, gegenwärtige Entwicklung und Statistik. Stuttgart 1874.
- Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873. Erfattet von der Centralcommission des Deutschen Reiches. Band 2. Braunschweig 1874. S. 464: Glasindustrie.
- BENRATH, H. E. Die Glasfabrikation. Braunschweig 1875.
- SCHWERING. Ueber die Biegefestigkeit des Glases mit Rücksicht auf die Construction von Glasbedachungen. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1880, S. 69.
- STROTT, G. K. Einiges über die Bearbeitung des Glases. HAARMANN'S *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1881, S. 79.
- MILLER, J. B. Die Verzierung der Gläser durch den Sandstrahl etc. Wien 1882.
- DEMMIN, A. Keramik-Studien. 4. Folge: Das Glas, dessen Geschichte und Werkweise etc. Leipzig 1883.
- FRIEDRICH, C. Die altdeutschen Gläser etc. Nürnberg 1884.
- CONNERT, F. Ueber die Biegefestigkeit des Glases. *Civiling.* 1888, S. 1, 109, 621.
- HARTIG. Ueber die Biegefestigkeit des Drahtglases. *Civiling.* 1892, S. 265.
- Schlagverfuche mit Glasplatten. *Baumaterialienkde.* 1896, S. 96.
- Ferner:
- Sprech-Saal. Organ der Porzellan-, Glas- und Thonwaren-Industrie etc. Red. von A. SCHMIDT. Coburg. Erscheint seit 1867.
- Die Glashütte. Red. von W. FAHDT. Leipzig. Erscheint seit 1871.
- Central-Blatt für Glas-Industrie und Keramik. Red. von D. L. SPITZER. Wien. Erscheint seit 1892.
- The pottery and glass journal.* New-York.
- Illustriertes Fachblatt für die gesamte Glas-, Porzellan- und Steingut und alle Zweige der Thonwaren-Industrie. Zittau. Red. von F. C. HÖNA. Erscheint seit 1893.
- Süddeutsche Glaser-Zeitung etc. München. Erscheint seit 1897.
- Die Glas-Industrie etc. Red. von K. BRUHN. Berlin. Erscheint seit 1890.

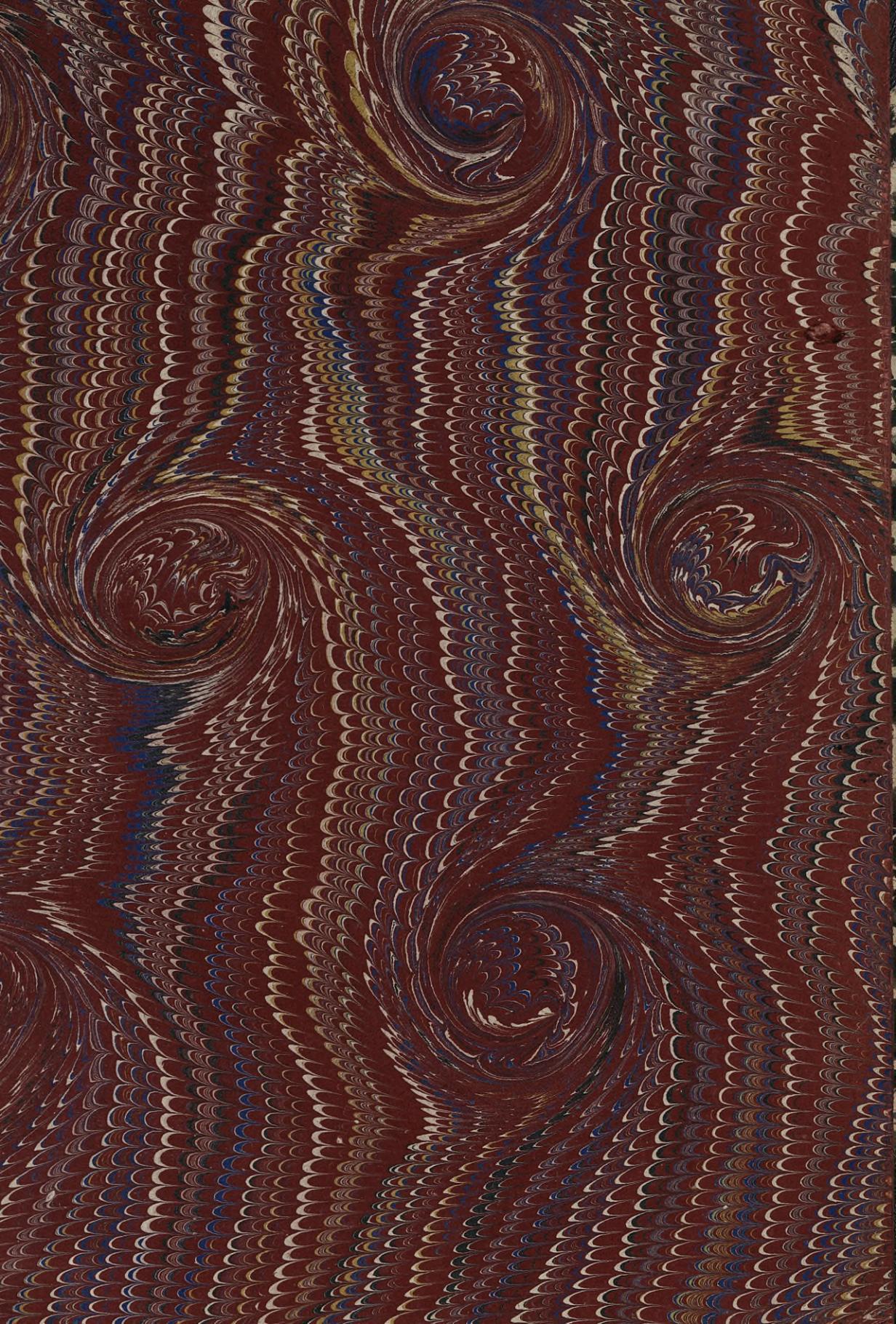
Berichtigung.

S. 6, Zeile 18 v. o.: Statt „wenn“ zu lesen: „welche“.

S. 61

50/60





Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306424

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298731