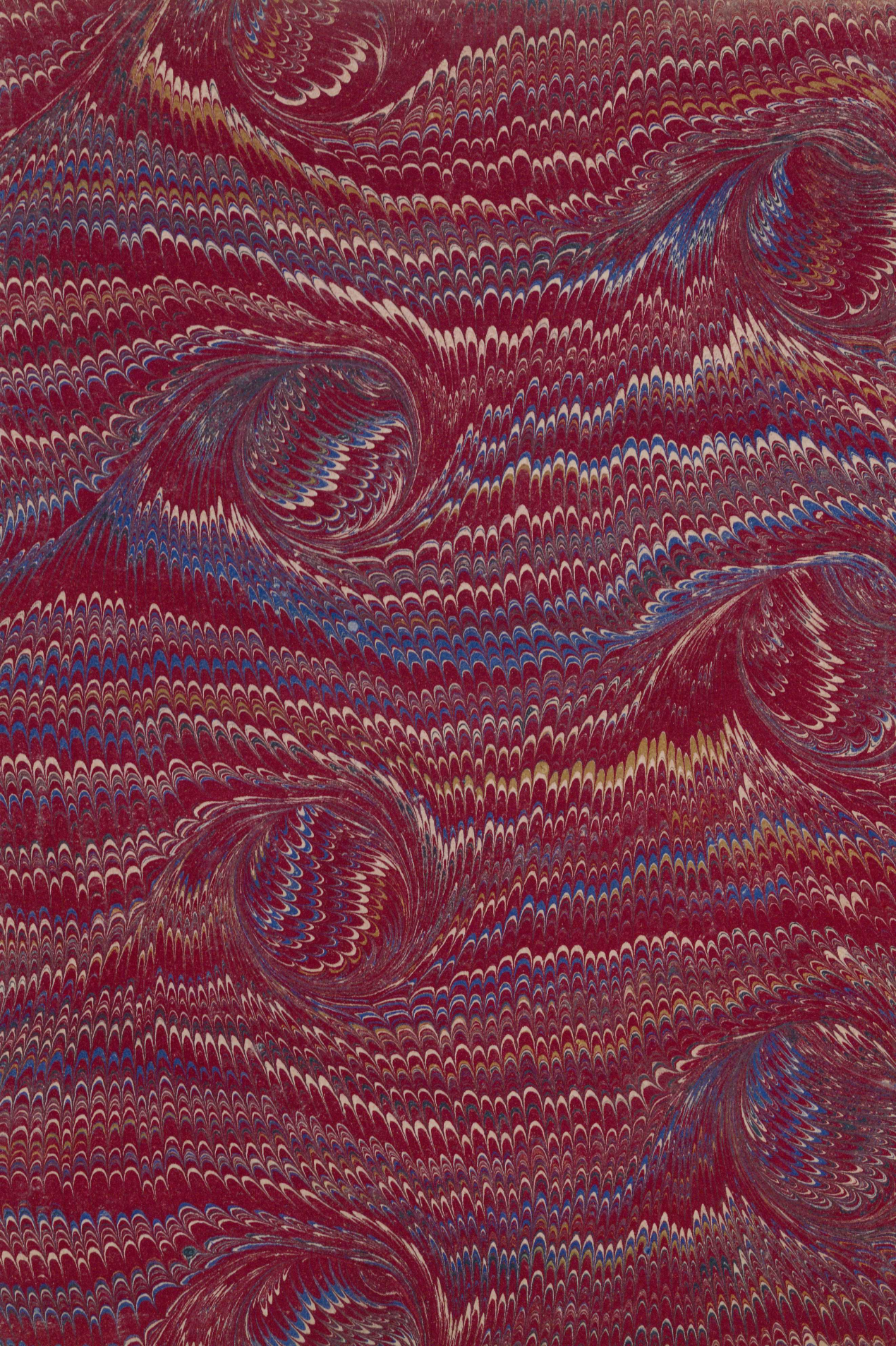




III A 26 I.

Nr. 84 A. 225241

Die Geſammtanordnung und Gliederung des »Handbuches der Architektur« iſt am Schluſſe des vorliegenden Heftes zu finden.
Ebendaſelbſt iſt auch ein Verzeichniſs der bereits erſchienenen Bände beigefügt.

Jeder Band, bezw. jeder Halb-Band und jedes Heft des »Handbuches der Architektur« bildet ein für ſich abgeſchloſſenes Ganze und iſt einzeln käuflich.

HANDBUCH

DER

ARCHITEKTUR.

Unter Mitwirkung von Fachgenoffen

herausgegeben von

Oberbaudirector
Profeſſor Dr. Joſef Durm
in Karlsruhe,

Geheimer Regierungsrath
Profeſſor Hermann Ende
in Berlin,

und

Geheimer Baurath
Profeſſor Dr. Eduard Schmitt
in Darmſtadt

Geheimer Baurath
Profeſſor Dr. Heinrich Wagner
in Darmſtadt.

Erſter Theil.

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

1. Band, erſte Hälfte:

Einleitung.
(Theoretiſche und hiſtoriſche Ueberſicht.)
Die Technik der wichtigeren Bauſtoffe.

VERLAG VON ARNOLD BERGSTRÄSSER IN DARMSTADT.
1895.

691 III A 26 I 8° 128 i 2

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

DES

HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR

ERSTER THEIL.

1. Band, erſte Hälfte:

Einleitung.

(Theoretiſche und hiſtoriſche Ueberſicht.)

Von † Dr. Auguſt von Eſſenwein,

Königl. Bayer. Geheimer Rath und erſter Director des Germaniſchen Nationalmuſeums in Nürnberg.

Die Technik der wichtigeren Bauſtoffe.

Von Dr. W. F. Exner,

k. k. Hofrath, Profeſſor an der Hochſchule für Bodencultur und Director des technologiſchen Gewerbe-Muſeums in Wien,

Hans Hauenſchild,

Profeſſor und Ingenieur in Berlin,

und

Georg Lauboeck,

Profeſſor und Sections-Vorſtand am technologiſchen Gewerbe-Muſeum in Wien,

Dr. Eduard Schmitt,

Großh. Heſſ. Geh. Baurath und Profeſſor an der techniſchen Hochſchule zu Darmſtadt.

ZWEITE AUFLAGE.

Mit 71 in den Text eingedruckten Abbildungen.

DARMSTADT 1895.

VERLAG VON ARNOLD BERGSTRÄSSER.

KÖNIGL. MUSEUM

Biblioteka Szkoły Inżynierskiej w Szczecinie
1377/1/I.
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
BIBLIOTEKA GŁÓWNA
-7-
CZ-III. 1377/1/1

Das Recht der Ueberſetzung in fremde Sprachen bleibt vorbehalten.

SZKOŁA INŻYNIERSKA
BIBLIOTEKA
Szczecinie

Holzſchnitte aus der xylogr. Anſtalt von EDUARD ADE in Stuttgart u. A.
Zink-Hochätzungen aus der k. k. Hof-Photogr. Kunſt-Anſtalt von C. ANGERER & GÖSCHL in Wien
und aus dem graphiſchen Inſtitut von FRIEDRICH WOLF in München.
Druck der UNION DEUTSCHE VERLAGSGESELLSCHAFT in Stuttgart.

Handbuch der Architektur.

I. Theil.

Allgemeine Hochbaukunde.

1. Band, erſte Hälfte.

(Zweite Auflage.)

INHALTS-VERZEICHNISS.

Einleitung. Seite

Theoretiſcher Theil 3
Geſchichtlicher Theil 20
1) Literatur: Bücher über »Theorie und Aeſthetik der Baukunſt« 50
2) Umfaſſendere Werke über »Architektur« 50
3) Wörterbücher und Gloſſarien 51

Erſte Abtheilung.

Die Technik der wichtigeren Bauſtoffe.

Die Bauſtoffe im Allgemeinen 57
Literatur: Bücher über »Bauſtoffe im Allgemeinen« 61
Literatur über »Materialprüfung« und »Vorrichtungen für Materialprüfung« 62

1. Abſchnitt.

Conſtructionsmaterialien.

1. Kap. Stein 65
a) Allgemeines 65
Tabelle über Poroſitätsziffern natürlicher Bauſteine 82
Tabelle über Backſtein-Formate 85
b) Natürliche Bauſteine 86
1) Maſſige Silicat-Geſteine 86
Tabelle über Eigengewicht und Druckfeſtigkeit der maſſigen Silicat-Geſteine . . . 87
2) Schieferige Silicat-Geſteine 87
Tabelle über Eigengewicht und Druckfeſtigkeit der ſchieferigen Silicat-Geſteine . . 88
3) Carbonat-Geſteine 88
Tabelle über Eigengewicht und Druckfeſtigkeit der Carbonat-Geſteine 89

Seite

4) Trümmer- oder klaſtiſche Geſteine 90
Tabelle über Eigengewicht und Druckfeſtigkeit von Sandſteinen 91
Literatur über »Natürliche Bauſteine« 92
c) Gebrannte künſtliche Steine 92
Tabelle über Druckfeſtigkeit der Backſteine 99
Literatur: Bücher über »Backſtein« und »Backſtein-Fabrikation« 99
d) Ungebrannte künſtliche Bauſteine 100
e) Bearbeitung und Haltbarmachung der Bauſteine 100
Literatur über »Steinbearbeitung« und »Steinbearbeitungs-Maſchinen« 116
Literatur über »Haltbarmachung (Conſervirung) der Bauſteine« 118
2. Kap. Thonerzeugniſſe 119
Literatur über »Thonerzeugniſſe« und »ihre Herſtellung« 124
3. Kap. Die Mörtel und ihre Grundſtoffe 126
a) Allgemeines 126
b) Mörtel aus Luftkalk 134
c) Mörtel aus hydrauliſchen Bindemitteln im Allgemeinen 142
Einheitliche Prüfungsmethoden für hydrauliſche Bindemittel 143
d) Mörtel aus hydrauliſchem Kalk 147
e) Mörtel aus Roman-Cement 150
f) Mörtel aus Portland-Cement 154
Auszug aus den deutſchen Normen für Prüfung von Portland-Cement 156
g) Mörtel aus hydrauliſchen Zuſchlägen 165
h) Mörtel aus Puzzolan-Cement 168
i) Mörtel aus gemiſchten Cementen 169
k) Magneſia- und Gyps-Mörtel 169
Literatur über die »Verſchiedenen Mörtelarten und ihre Grundſtoffe« 171
Literatur über »Prüfung von Cementen und Mörteln«, einſchl. »Prüfungsvorrichtungen« 174
l) Mörtelmaſchinen 174
Literatur über »Mörtelmaſchinen« 177
4. Kap. Beton 177
Literatur über »Beton« und »Beton-Bereitung« 186
5. Kap. Holz 187
a) Allgemeines 187
Literatur über »Bauholz« im Allgemeinen 197
b) Wichtigere Bauhölzer 198
A) Nadelhölzer 198
B) Laubhölzer 200
c) Holz-Sortimente 203
d) Bearbeitung des Holzes 204
Literatur über »Holzbearbeitungs-Maſchinen« 206
e) Mittel gegen Schwinden, Fäulniſs und Schwamm 207
1) Mittel gegen das Schwinden des Holzes 207
2) Haltbarmachung des Holzes (Conſervirung) 208
Literatur: Bücher über »Haltbarmachung des Holzes« 210
3) Mittel gegen den Hausſchwamm 210
Literatur über »Schwamm« und »Schwammvertilgung« 212
6. Kap. Eiſen und Stahl 213
a) Allgemeines 213
Literatur über »Eiſen als Bauſtoff« 224
b) Roh- und Guſseiſen 225
Normal-Tabelle für guſseiſerne Flanſchen- und Muffenrohre, Schieber, Hähne und Ventile 229
c) Schmiedeeiſen 230
1) Schmiedbares Eiſen überhaupt 230
2) Schweiſseiſen 233

Seite

3) Flufseifen 236
4) Rund-, Vierkant-, Band- und Formeifen 238
Normalien für Rund- und Vierkanteifen 239
Normalien für Band- und Stangeneifen 240
Normalien für Handleifteneifen 242
5) Profileifen 243
Deutfche Normalprofile für Walzeifen 244
6) Bleche und Blecherzeugniffe 248
Dillinger oder ältere deutfche Blechlehre 249
7) Draht und fonftige Schmiedeeifen-Erzeugniffe 255
Neue Draht- und Blechlehre 255
Normalien für Gasröhren 257
d) Stahl 257
e) Roftfchutzmittel 260

2. Abfchnitt.

Materialien des Ausbaues.

1. Kap. Zink und Blei 265
a) Zink 265
Abmeffungen und Gewichte der Zinkblechtafeln 267
Abmeffungen der Wellblechtafeln 268
Literatur über »Zink als Bauftoff« 269
b) Blei 269
Abmeffungen und Gewichte der Bleiblechtafeln 270
2. Kap. Kupfer und Legirungen 270
a) Kupfer 270
b) Legirungen 272
3. Kap. Afphalt 276
Literatur über »Afphalt als Bauftoff« 280
4. Kap. Glas 281
Literatur über »Glas als Bauftoff« 290

HANDBUCH DER ARCHITEKTUR.

EINLEITUNG.

VON † DR. AUGUST V. ESSENWEIN.

Theoretiſcher Theil.

Nach ewigen Satzungen iſt das Weltall aufgebaut, und unwandelbaren Geſetzen gehorcht unſer Erdball, ſo wie Alles, was auf ihm die Natur geſchaffen. Jede Einrichtung derſelben iſt zweckmäſsig, jedes ihrer Werke in ſeiner Art vollkommen. Die äuſsere Erſcheinung eines jeden iſt charakteriſtiſch und verſtändlich, aber auch unabänderlich die gleiche bei ſämmtlichen Exemplaren einer und derſelben Art. Es iſt eine ſo vollkommene Harmonie zwiſchen der Aufgabe vorhanden, welche im Haushalte der Schöpfung jedem einzelnen Theile zugewieſen iſt, und den ihm zur Erfüllung der Aufgabe verliehenen Organen, ſo wie der äuſseren Erſcheinung, daſs für kein Einzelexemplar eine Ausnahme denkbar iſt. Selbſt wo die Natur ihre Kräfte indirect ausübt, indem die Geſchöpfe durch eigene Thätigkeit 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 thätig iſt, iſt der Menſch, und deſſen Leiſtungen ſtehen als bewuſſte Arbeit den Werken der Natur gegenüber [1]). Allerdings unterliegt auch die menſchliche Thätigkeit Geſetzen, welche den freien Willen des einzelnen Individuums beeinfluſſen und beſchränken; aber daſſelbe 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 giebt ſich im Gegentheile eine gewiſſe Entwickelung derſelben kund; ſie bilden ſich durch die Pflege aus, welche das Menſchengeſchlecht ſeiner eigenen Thätigkeit widmet.

Die Grundlage derſelben iſt das Denken.

Der geſammten Natur liegt ein ewiger Gedanke zu Grunde, aus welchem ſich logiſch und geſetzmäſsig die einzelnen Kräfte und ſämmtliche 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 gethan. Eine Generation vererbt ihre Thätigkeit der anderen, und ſo entſteht durch die Pflege ein groſses Ganze, die Cultur. Eines Menſchen Erfahrung reiht ſich an die des anderen, wie Ziffer an Ziffer in unſerem Zahlenſyſteme, und die Cultur 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 an einander gereiht würden, ſo wenig wird auch die höchſte Höhe der Cultur der abſoluten Vollkommenheit des Unendlichen und Ewigen im Univerſum gleich kommen.

---

[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 beabſichtigt 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.

In ihrer Entwickelung zeigt uns, bei einem Rückblicke auf dieſelbe, die Cultur einen Stufengang, deſſen Anfänge verhältniſsmäſsig 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 Thätigkeit deſſelben. Und zwar hat die Cultur, das Reſultat des ſelbſtbewuſſten Menſchengedankens, einen ihren Zweck ausdrückenden Doppelgedanken, der ihr eine doppelte Aufgabe zuweist. Die geſammte menſchliche Thätigkeit wird in der Abſicht ausgeübt, die materiellen äuſseren Bedingungen des Lebens günſtiger zu geſtalten, als dies die Natur gethan, und dem menſchlichen Geiſte Anregung und Erhebung wie Genuſs zu gewähren.

Wie eingehend wir auch in der Geſchichte die Aufgabe der Cultur erforſchen mögen, läſſt ſich doch kein Anhaltspunkt für die Annahme finden, daſs eine dieſer beiden Aufgaben der anderen vorangegangen; nirgends in der Geſammtentwickelung der Cultur finden wir eine derſelben ausſchlieſslich geſtellt, wenn auch eine oder die andere mehr Aufmerkſamkeit in Anſpruch nimmt. Es läſſt ſich nicht feſt ſtellen, ob der Schmuck des Körpers, ob die Bekleidung deſſelben zum Schutze gegen die Unbilden der Witterung zuerſt aufgetreten. Die erſte Zubereitung der Nahrungsmittel mag eben ſo 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 Cultur geſtellten Aufgaben bilden die Grundlage für zwei Richtungen, die durch den geſammten Entwickelungsgang derſelben hindurchgehen, die materialiſtiſche und die idealiſtiſche. In letzterer überwiegt der Trieb, durch Erhebung des Geiſtes den Menſchen zu veredeln, durch Mehrung der Erkenntniſsfähigkeit 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 gleich bedeutend 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 Entwickelung der Cultur zeigt uns daher erſtens: die Thätigkeit 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 Thätigkeit in erſtgenannter Richtung hat ſich eben ſo geſetzmäſsig organiſirt, wie jene der Natur. Weil der Menſch als Einzelner wenig zu leiſten im Stande iſt, bedurfte er der Mittheilung an Andere, die ihm folgen ſollten. Es muſſte ſich neben der Fähigkeit, Eindrücke aufzunehmen und ſich derſelben bewuſſt zu werden, ein Mittel der Uebertragung an Andere ausbilden, wie es in der geſetzmäſsig organiſirten 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, ſo wie 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 formuliren, Syſtem 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 geſammten 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 ſehnt. Aber neben der Erkenntniſs 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 erſinnen, und eben ſo wie das Vorhandene und Geſchehene darzuſtellen. Wenn ihm die Wiſſenſchaft nur einen Theil des Beſtehenden erklären kann, ſo zeigt ihm die Phantaſie ein eben ſo weites Reich als jenes der Wiſſenſchaft, das der Dichtung, die ihn eben ſo anzuregen und zu erheben vermag, wie die Erkenntniſs des Wirklichen.

Die Dichtung aber bewegt ſich nicht bloſs auf dem Boden des beſtimmten Gedankens; auch deſſen unbeſtimmte Form, das Gefühl, bildet eine nie verſiegende Quelle, aus welcher die Phantaſie ſchöpft, um die Dichtung zu befruchten. So haben Phantaſie und Gefühl die Cultur eben ſo mächtig gefördert, als der Verſtand.

Der Menſch fühlt nicht bloſs das Bedürfniſs, 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 Verhältniſs derſelben beruht. Er erkannte, daſs geſetzmäſsige Aneinanderreihung Gefühlen Ausdruck geben und deſshalb 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 Thätigkeit zur Anregung des Gemüthes, 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 Culturthätigkeit auf dem Gebiete des abſtracten Gedankens muſſte bei einiger Entwickelung 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 directe 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 bethätigen. 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 Gefühl einſetzten, um auf dem Gebiete des greifbaren Schaffens eine ähnliche Entwickelung hervorzubringen und dieſes weite Reich je zur ſelben Gröſse und Macht zu heben, zu welchen die Reiche des abſtracten 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 Entwickelung anzudeuten, welche die Cultur 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 irgend welcher Art herſtellen will, findet er verſchiedene, ſtets verwandte Aufgaben vor, die ihn veranlaſſen, ſeine Gedanken nach beſtimmten Richtungen in Thätigkeit zu ſetzen.

So einfach auf der unterſten Culturſtufe die Anforderungen an die Gedankenthätigkeit 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 Disciplin entwickelte, deren Kenntniſsnahme 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 vervollkommnen und verbeſſern, wenn durch ſeine Anregung irgend ein Theil in andere Bahnen gelenkt, wenn durch ihn die Erkenntniſs 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 Theilung 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 Einzeldisciplin Auskunft geben. In tauſendfacher Mannigfaltigkeit ſtehen jene Werke vor uns, deren Herſtellung die fortgeſchrittene Cultur von uns verlangt, und von denen je wenige Arten ſich zu beſtimmten Gruppen vereinigen und die Arbeit und Erfahrung einer Reihe von Menſchen in Anſpruch nehmen, deren Thätigkeit als ihr »Fach« bezeichnet wird. Das Studium eines jeden ſolchen Faches bildet eine Disciplin für ſich. Innerhalb jeder dieſer Disciplinen werden aber allgemeine Grundſätze auf das beſtimmte Fach angewandt und ſpecielle 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 giebt uns eine Gruppe von wiſſenſchaftlichen Disciplinen. Wir ſtehen damit theilweiſe 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 Umwandelung die in ihnen liegenden Kräfte gemehrt, neue Kräfte erzeugt werden können.

Wir haben ſodann die Geſetze zu ſtudiren, nach welchen dieſe Elemente, mit denen wir arbeiten, mechaniſch mit einander 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 feſt ſtehen, nach welchen ſie in beſtimmter Lage oder Verbindung feſt gehalten werden. Da wir erkennen, daſs dieſe Geſetze ſich durch mathematiſche Formeln ausſprechen laſſen, ſo führt uns hier der Weg auf das Gebiet der exacteſten und ſchärfſten aller wiſſenſchaftlichen Disciplinen, auf jenes der Mathematik, welche uns in der Statik und Mechanik Naturgeſetze verſtehen lehrt.

Die verſchiedenen Arten, nach welchen die Verbindung der einzelnen Theile unter ſich, die Herſtellung eines Ganzen aus Einzeltheilen, geſchehen kann, die ſo mannigfaltigen Methoden werden als die Technik des betreffenden Werkes bezeichnet. Die Technologie lehrt uns die tauſendfältigen Werkzeuge und Verfahrungsarten 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 Einzeltheilen 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 thätig iſt, ſteht unter der Herrſchaft dieſer Geſetze. Zu ihrer Erkenntniſs führen ihn zwei Wege, das Suchen der Erkenntniſs von Richtigkeit und Zweckmäſsigkeit aus inneren Gründen und die Beobachtung deſſen, was Andere, von klarem Bewuſſtſein oder von unbeſtimmtem Gefühle geleitet, gethan haben; denn es findet auch hier eine Uebertragung von Individuum zu Individuum, von Generation zu Generation ſtatt.

Maſsgebend iſt für die äuſsere Erſcheinung vor Allem die Form, und es bedarf deſshalb auch hier einer Organiſation, der Sprache ähnlich; es entſteht eine Formenſprache, die ihre Entwickelung in geſchichtlicher Weiſe durchlebt und die gleich der menſchlichen Sprache im Verlaufe dieſer geſchichtlichen Entwickelung eine Reihe von Gruppen gebildet hat, die Stile, die unter ſich verſchieden ſind, und doch zu einander in Verwandtſchaftsverhältniſſen ſtehen, ähnlich wie die groſsen Sprachengruppen und, wie dieſe, theilweiſe einander folgend, theilweiſe gleichzeitig neben einander 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 Aufgabe der Formengebung 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 Geſammteindruck, den die Sache auf das menſchliche Gemüth macht, entſcheidend iſt, als die Form. Das Verhältniſs 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 beſtimmteſten Ausdruckes klarer Gedanken fähig iſt. Ein Unterſchied waltet allerdings ob. Während Töne auch ohne Vermittelung der Sprache zur Muſik harmoniſch an einander 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 mit einander 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 entſchlagen dürfen, wenn er ein befriedigendes Werk ſchaffen will. Denn ſelbſt wo Einfärbigkeit Grundbedingung iſt, wird die Wahl der Farbe die Formendurchbildung beeinfluſſen. Deſshalb treten Art und Umfang der Verwendung der Farbe eben ſo charakteriſtiſch in der geſchichtlichen Entwickelung 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 eben ſo wohl der Farbenſtimmung, wie der Ausbildung der beſonderen Formenſprache zuwenden.

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

III.

So wohl organiſirt 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 Thätigkeit hier bildet, wie das Wiſſen jene der erkennenden. Die deutſche Sprache bezeichnet alle von Menſchen-

hand geſchaffenen Werke als künſtlich gegenüber den natürlichen. Daſſelbe Wort »Kunſt« jedoch wird auch in ausſchlieſslicher Anwendung auf einen Theil 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 abſtracten 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« ausſpricht, 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 definiren. 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 Cultur 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 Gemüth des Menſchen anzuregen und zu erheben andererſeits. Und ſo weit 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 Künſten, 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; daſſelbe ſoll, körperlich aus natürlichen Materialien geſchaffen, der Welt übergeben werden, ſoll irgend wo 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 Gefühls im Verhältniſſe zu denen des Verſtandes Berückſichtigung gefunden, ein Maſsſtab für den Höhepunkt der Culturentwickelung.

IV.

Wir haben bereits oben geſagt, daſs die tauſendfältigen Werke der Menſchenhand, wie ſie die fortgeſchrittene Cultur hervorbringt, in ſich ſo verſchieden ſind, daſs nicht eine einzelne Disciplin 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 Entwickelung 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 Cultur die Aufgaben für das körperliche Schaffen ſich gemehrt haben. Mit der geiſtigen Entwickelung 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 Entwickelung, 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 liefs andere mehr oder weniger zur Seite, wodurch gerade die Cultur folcher Zeiten und Völker ihren Charakter um fo kenntlicher aufgeprägt erhielt, wodurch es aber auch fchwierig wird, folche irgend eines Landes oder irgend einer Zeit als den Höhepunkt des je Erreichten zu betrachten. Manche Fächer haben allerdings nie eine hervorragende Rolle fpielen können. Sie haben Werke gefchaffen, die, für den Tag beftimmt, ihm dienten, mit ihm wieder vergingen; andere ftanden ftets an der Spitze.

Je bedeutungsvoller der Zweck, je mehr auf feine Erreichung Gewicht gelegt wurde, um fo mehr Aufwand von Material, von körperlicher und geiftiger Arbeit erfchien gerechtfertigt. Defshalb legte man aber folchen Werken auch die Aufgabe bei, einer Reihe von Generationen zu dienen, wenn möglich zu ftehen bis an das Ende der Zeiten. Ihnen richtete fich daher auch die Aufmerkfamkeit der fchaffenden Generation in höherem Mafse zu, als den ephemeren Werken. In ihnen concentrirt fich die geiftige Kraft der Nation, deren bleibendes Denkmal fie werden follen. Sie geben uns den Mafsftab, den Höhepunkt der Cultur zu beurtheilen in den Zwecken, zu welchen fie errichtet find, in der Art, wie diefen Zwecken Genüge geleiftet ift, und in dem Grade der künftlerifchen Durchbildung der äufseren Erfcheinung. In der Formenfprache aber, die fich naturgemäfs gerade an folch grofsartigen Werken entwickelt, giebt fich die Geiftesrichtung einer Nation vorzugsweife erfichtlich zu erkennen.

Zur Stellung hervorragender, mit Aufwand zu löfender Aufgaben lud zunächft die Nothwendigkeit ein, künftliche Räume zu fchaffen, die vor den Unbilden der Witterung Schutz gewähren konnten und den verfchiedenften körperlichen wie idealen Zwecken dienten, dann die Nothwendigkeit, die von der Natur der Verbindung der Menfchen unter fich entgegengeftellten und die Fortbewegung über die Erdoberfläche hemmenden Hinderniffe der Natur zu befeitigen. Aber auch ein idealer Drang veranlafste fchon auf der unterften Culturftufe den Menfchen, Maffen in Bewegung zu fetzen, um Zeichen feines Waltens und Wirkens auf der Erde zurückzulaffen, fo wie um Denkmale feiner Unterordnung und Dankbarkeit gegen höhere Kräfte und Wefen zu errichten, deren Verehrung feine Religionsform ihm nahe legte.

Wohl haben nicht alle Aufgaben, die aus den genannten drei Zwecken hervorgehen, die gleiche Bedeutung, noch erfordern alle diefelbe Höhe des Aufwandes zu ihrer Löfung; alle aber betreffen Werke, welche im Verhältniffe zum menfchlichen Körper grofs zu nennen find; ftets kommen Maffen zur Verwendung, die nur durch Zufammenwirken vieler Menfchenkräfte oder mechanifcher Hilfsmittel bewältigt werden können. Die Technik, welche dies vollbringt, wird als »Kunft zu bauen« oder »Bautechnik« bezeichnet, die Lehre von der Formenfprache, in welcher die Werke derfelben auftreten, die »Tektonik des Bauens«, im Gegenfatze zu jener bei kleinen Schöpfungen, die »Architektonik«. Die Kunft, durch das Bauen jene grofsen nach den Regeln der Architektonik fich darftellenden Werke zu fchaffen, heifst die »Architektur« oder »Baukunft«. Sie wird ausdrücklich als Kunft bezeichnet; denn fie hat nicht blofs äufserlichen Zwecken zu dienen; fie vermag es auch durch ihre Formenfprache auf das Gemüth zu wirken und den Geift zu erheben, und ihre Werke fallen fomit in den Kreis der Kunft im engeren Sinne. Durch die Gröfse der Aufgaben hat fie ftets an der Spitze der Culturthätigkeit geftanden; ihre Leiftungen haben ftets die höchfte Höhe deffen bezeichnet, was man jeweils zu fchaffen vermochte; in ihren Werken, welche, auf die Dauer der Jahrtaufende berechnet, den Nachkommen überliefert werden, hat der praktifch thätige Geift feine höchften Triumphe gefeiert, hat die bildende Kunft ihre höchften Gedanken und Gefühle verkörpert, hat fich die Formenfprache in klarfter Weife entwickelt und der Geift der Nationen am fchärfften ausgefprochen. Kein Wunder, dafs alfo auch das Baufach eine weiter gehende Organifation erhalten hat, dafs es in eine Reihe von Specialgebieten fich gegliedert hat, und dafs heute die Thätigkeit eine fo vielfeitige ift, dafs auch in unferem »Handbuch der Architektur« nicht ein Einzelner, fondern eine ganze Reihe verfchiedenartigft befchäftigter Fachgenoffen es unter-

nommen hat, die Leſer auf das weite Gebiet zu begleiten. Doch kann nur ganz ausnahmsweiſe ein Einzelner ſich ganz ausſchlieſslich einem Specialfache widmen, und kaum wird er dazu gelangen können, daſſelbe mit Verſtändniſs auszufüllen, wenn er ſich nicht über die Bedeutung des Geſammtfaches, über die Grundſätze der Thätigkeit, über die innere Gruppirung der Specialfächer und über den Inhalt jener noch beſonders unterrichtet, die dem ſeinigen verwandt ſind.

Eine Gruppe von Specialfächern hat ſich allerdings heute faſt gänzlich vom gemeinſamen Stamme losgelöst. Sie wird als Ingenieurfach bezeichnet und beſchäftigt ſich mit jenen Bauwerken, welche zur Verbindung der weit über die Erde zerſtreuten Menſchen und zur Beſeitigung der Hinderniſſe errichtet werden, welche die Natur der bequemen Bewegung auf der Erdoberfläche entgegenſetzt. Die übrigen Gruppen von Specialfächern werden dem Ingenieurweſen gegenüber als Hochbauweſen bezeichnet. Die Zwecke, denen die Werke des Hochbaues dienen, ſind noch immer mannigfaltig genug; jeder einzelne erfordert, wenn ihm die Baukunſt ernſtlich dienen ſoll, ſo viel Studium, daſs ſich noch immer eine Reihe von einzelnen Specialgebieten ergiebt, deren Betrachtung ſich je zu einem Ganzen abrundet, und es wird deſshalb der ſpecielle Theil 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 müſſen, damit das Bauwerk ſeinen Zweck erfüllt, welche Materialien und Conſtructionsmethoden ſich als die geeignetſten erwieſen haben, wie einzelne Elemente der allgemeinen Formenſprache auf die allgemeine Dispoſition des Gebäudes anzuwenden ſind.

V.

Eine groſse Reihe von Fragen würde jedoch in ganz ähnlicher Weiſe bei jeder ſolchen Einzelbetrachtung auftreten; manche löst ſich mindeſtens in ſolch verwandter Weiſe bei allen, daſs ihre Behandlung für alle gemeinſam erfolgen kann und daſs ein allgemeiner Theil an die Spitze unſeres Buches zu treten hat, der Vieles umfaſſt, was auch ganz gleichmäſsig für jene Specialfächer Geltung hat, die ſich als Ingenieurweſen vom allgemeinen Stamme der Baukunſt heute losgelöst haben, und was deſshalb auch in einem Handbuche der Ingenieurwiſſenſchaft nicht fehlen dürfte. Die Trennung iſt ja ohnehin nur aus praktiſchen Gründen erfolgt, weil jede ſpecielle Aufgabe ſo viele Modificationen der allgemeinen Regeln mit ſich bringt und immer nur gewiſſe von den vielen Geſetzen zur Anwendung kommen läſſt, ſo daſs der Baumeiſter ſich mehr in ſeine Specialität vertiefen kann, wenn er nicht den geſammten Umfang des Wiſſens ſich aneignen muſs, ſondern nur jenen Theil, welcher zur Kenntniſs ſeines Specialfaches und zur praktiſchen Ausübung deſſelben erforderlich iſt.

Als allgemeiner Theil, welcher der Unterſuchung der Einzelaufgaben vorauszuſtellen iſt, treten uns dieſelben Betrachtungen entgegen, welche ſich auch bei allen anderen Gebieten des greifbaren Schaffens zeigen. Wir haben zunächſt die Materialienlehre ins Auge zu faſſen, einestheils um als Grundlage die Stoffe kennen zu lernen, die uns überhaupt dienlich ſind, anderentheils weil ſie für die äuſsere Erſcheinung, für das letztgeſuchte unter den Zielen, die ſich der Baumeiſter ſteckt, von hervorragendſter Bedeutung ſind. Sodann haben wir die ſtatiſchen Verhältniſſe zu beachten, als die Geſetze, nach denen die Verbindung der Theile unter ſich, weil unter dem Geſetze der Schwere ſtehend, eine dauernde ſein 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 ſtattzufinden 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 thatſächlich von den Baumeiſtern ihren Schöpfungen zu Grunde gelegt wurden und wie oft mehr als die Theorie eine Tradition zu Rath gezogen wurde, die ſich aus der Arbeit ergeben hatte.

Wenn es praktiſche Gründe ſind, die einen Theil des Bauweſens von den übrigen Zweigen losgelöst haben, ſo ging dies deſshalb ohne Schaden an, weil vor Allem in der Conſtruction ſo viel Eigenthümliches liegt, das ſich aus dem Zwecke ergiebt, daſs nur ein beſchränkter Theil der allgemeinen Conſtructionslehre beim Ingenieurweſen zur Anwendung kommen kann, dagegen ſo viele Specialconſtructionen, die in anderen Fällen keine Berückſichtigung finden, ſodann weil der Materialverbrauch durch viel gründlichere Berechnungen feſt geſtellt werden muſs, aber auch ſicherer feſt geſtellt werden kann, als bei den complicirteren Conſtructionen der meiſten übrigen Zweige des Bauweſens. Es ſind auch praktiſche Erwägungen, welche die Conſtructionslehre im gegenwärtigen Buche aus dem allgemeinen Theile hinausgedrängt und ihr eine beſondere Stelle angewieſen haben, und zwar unmittelbar vor der ſpeciellen Behandlung der verſchiedenen Gebäudegattungen, weil ſo manche Conſtructionsfrage nur bei beſtimmten Gebäudegattungen auftritt, ſo daſs ſich in der That auch für manche Gruppe derſelben eben ſo gut eine geſonderte Conſtructionslehre 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, ſo wie 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 thut dies durch die äuſsere Erſcheinung, welche ſie ihren Werken giebt 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, ſo wie der Einrichtung des Ganzen und aller Einzeltheile, 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 bei dem vollendeten idealen Kunſtwerke kein Theil zufällig vorhanden. Es hat alle jene Theile im Groſsen und Kleinen, welche dazu nöthig ſind, die Aufgabe zu erfüllen, und alle ſind ſo geſtaltet, wie ſie zu ſolcher Erfüllung am meiſten geeignet ſind. Aber eben ſo wenig, wie das aus der Hand des unfehlbaren Schöpfers hervorgegangene Naturproduct, hätte das wirklich vollkommene Kunſtwerk irgend einen Theil, der zwecklos, irgend eine Form, die nicht der inneren Bedeutung entſprechend wäre. Jedes Werk der Natur zeigt ſich als charakteriſtiſch, und eben ſo 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 eben ſo 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 ſo weit auf Schönheit Anſpruch machen können, als ſie auf individuellen Bedingungen eines beſtimmten Gebäudes beruht. Nur weil Menſchenthätigkeit 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 deſſen originelle Erſcheinung hängt weſentlich von der Gruppirung der einzelnen Theile ab. Wie die Natur alle einzelnen Organe eines Geſchöpfes ſo an einander fügt, daſs jedes einzelne den Zweck erfüllen und die Wirkung hervorbringen kann, zu welcher es in den Geſammtorganismus eingefügt iſt, und wie die Eigenthümlichkeit des Geſammtorganismus eben in der Summe aller Einzelorgane liegt, ſo wird auch der Baumeiſter jeden einzelnen Theil ſeines Gebäudes ſo einzurichten haben, daſs er der Einzelaufgabe entſpricht, und die Einzeltheile ſo an einander fügen, daſs die Geſammtdispoſition dem Geſammtzwecke entſpricht. Er wird ſo viele Einzeltheile, jeden einzelnen von ſolcher Geſtalt und Gröſse anordnen und dieſelben ſo mit einander verbinden, daſs der Geſammtzweck und der Einzelzweck jedes Bautheiles erfüllt wird. Dieſe Gruppirung wird aber auch den Geſammtzweck und die Einzelzwecke erkennen laſſen und deſshalb 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 an einander 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 Mafsverhältniſſe ſeiner Theile nicht mit abſoluter Genauigkeit feſt ſtehen; er wird ein harmoniſches Gleichgewicht der Maſſen herzuſtellen haben, ob nun ſein Gefühl ihm die Zahlenverhältniſſe dictire, ob er aus den Erfahrungen Anderer beſtimmte Gröſsenverhältniſſe, die ſich als harmoniſch feſt geſtellt haben, benutzte, ob er durch geometriſche Netze oder durch Berechnung ſich harmoniſche Verhältniſſe künſtlich feſt ſtellte. Der Harmonie der Maſſen liegen eben ſo beſtimmte Zahlenverhältniſſe zu Grunde, als der Harmonie auf anderen Gebieten. Dem echten Künſtler aber wird das Gefühl dafür ſo lebendig innewohnen, dafs 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 blofs richtiges gegenſeitiges Zahlenverhältnifs für ſich und gegen einander, ſondern auch geſetzmäſsige Gruppirungen. Sie werden ſich entweder in beſtimmtem Verhältniſſe um einen Mittelpunkt reihen oder gleichmäſsig beiderſeits an eine oder mehrere Mittelaxen 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 irgend eine Geſtaltung ein, und ſo wird oft genug die Herrſchaft der Symmetrie gebrochen durch Exiſtenzbedingungen der Geſchöpfe, durch Einwirkung äuſserer Kräfte, welche nicht die gleichmäſsige Entwickelung 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 mufs 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, dafs jeder Baum durch alle die verſchiedenen Kräfte, welche das einfache Geſetz des Wachsthums durchkreuzen, eine individuelle Erſcheinung erhält, wie wir die Gruppirung der Theile zu einem lebensvollen Baume mit Intereſſe verfolgen, ſo auch intereſſirt 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 Aeſte 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 mit einander einen Zauber aus, der allerdings anderer Art iſt, den aber ſelbſt ein vollendetes Kunſtgebilde eben ſo wenig hervorbringen kann, als ein vollkommen unbeeinflufſt 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 Stutzen 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 unabſichtlich 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. Eben ſo in der Kunſt, deren wahre Schönheit in der Geſetzmäſsigkeit liegt. Ein Abweichen aus Laune bringt keine Originalität, ſondern nur ein Abweichen aus Bedürfnifs. 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 ausgeſprochener, 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 untrüglichſte Lehrmeiſterin. Aus hartem Geſtein hat ſie die Berge gebildet, aus elaſtiſchem Holze den ſchlanken Baum, welcher, dem Stoſse des Sturmwindes nachgebend, ſich beugt und, wieder zurückgeſchnellt, ſtolz in urſprünglicher Form da ſteht. Sie hat aus feſter Maſſe das Knochengerüſt der Thiere 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 Theile zu bilden, die bloſs Träger eines reichen Formenſpieles 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 unter einander verbinden laſſen, und welche Kräfte in ihnen thätig wirken, wenn ein groſses Ganze aus ihnen gebildet iſt. Nicht jede Verbindung derſelben, nicht jede Conſtruction entſpricht ja in allen Fällen dem Zwecke des Bauwerkes. Wo lichte freie Räume nöthig, wo wenig Unterſtützungspunkte geboten ſind, darf die Conſtruction nicht aus Materialien hergeſtellt werden, welche viele und maſſige Stützpunkte verlangen. Nicht bloſs das materielle Raumbedürfniſs 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 Gruppirung der Maſſen aus derſelben entwickelt, und wie wir dies vielmehr anderen Abtheilungen des gegenwärtigen »Handbuches« überlaſſen müſſen, ſo können wir hier auch nicht im Einzelnen nachweiſen, welche ſpeciellen Conſtructionsmethoden ſich jeweils aus dem Charakter der Bauwerke ergaben, ohne zu weit in die ſpecielle Conſtructionslehre hinüber zu greifen. Wir müſſen uns deſshalb mit dem oben Angedeuteten begnügen und nur ganz allgemein den Satz aufſtellen, daſs die Aufgabe der Conſtruction darin beſteht, aus den Maſſen des mit Rückſicht auf den materiellen und idealen Zweck des Bauwerkes ausgewählten Materials die Baumaſſen zur Begrenzung des nöthigen 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 giebt die Natur in ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit das ſprechendſte Vorbild. Wie wunderbar und zweckmäſsig conſtruirt ſie die Körper aus dem Knochengerüſte, 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 Knochengerüſtes in Anſpruch nähme. Je höher das Geſchöpf organiſirt iſt, um ſo mehr hat die Natur bei ihrer Conſtruction die Anordnung complicirt; um ſo mehr hat ſie überſchüſſige Maſſen in ihrer Conſtruction verwendet, nicht nur, damit auch ihr Werk den Kräften widerſtehen könne, die von auſsen auf daſſelbe wirken, nicht nur damit nicht ſofort die geſammte Function 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 organiſirten 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 Raumausmeſſung und die Baumaſſen, durch welche ein Werk der erſteren Gattung gebildet iſt, werden ſich genau nach der nothwendigen Bodenfläche zur Unterbringung, nach den benöthigten 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 Conſtruction ſo einfach, als die Natur der Materialien es zuläſſt; das Bauwerk wird dadurch charakeriſtiſch werden und deſshalb nicht minder ſchön ſein, als ein Bauwerk, das einem idealen Zwecke dient und deſshalb hoch aufſtrebende Maſſen aufthürmt, ſeinen Räumen eine Weite und Höhe giebt und dieſelben in einer Weiſe conſtruirt, daſs der Geiſt des Beſchauers von Bewunderung hingeriſſen und auf ganz beſtimmte Gedanken hingelenkt wird. Bei derartigen Bauten ſind ſelbſt groſse Maſſen keine überflüſſigen, wenn das Bauwerk auch ohne ſie beſtehen könnte. Würden ſie aber angewandt, um den erſteren Zweck zu erfüllen, ſo würden ſie thatſächlich 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 Gruppirung der Theile und die richtige Verwendung der Maſſen, ſo wie die geeignete Conſtruction, ſondern auch die entſprechende Form aller einzelnen Theile und des ganzen Werkes. Die Maſſen des Baumaterials können nicht in der Geſtalt unverändert bleiben, in welcher der Zufall die einzelnen Stücke bei deren Gewinnung gebracht hat. Wenn ſchon die Verbindung der Einzelſtücke zur Conſtruction es nothwendig macht, daſs ſie, ſo weit 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 Nothwendigkeit. 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 Theil in der Conſtruction hat, welche Bedeutung er für die geiſtige Geſammtaufgabe des Baues hat. Dieſe Formengebung an die einzelnen Theile der Maſſen, welche in der Conſtruction 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 Conſtructionstheile keine todten, d. h. zur künſtleriſchen Erſcheinung überflüſſigen mehr zeigen, ſondern in charakteriſtiſch gegliederte Theile aufgelöst ſind, ſo weit nicht die Maſſen der Wirkung wegen unbelebt bleiben müſſen.

Der Gesammtcharakter des Baues wird nur secundär die Gliederung der Einzeltheile beeinflussen. Dieselbe hat vielmehr vor Allem auch den Charakter der Einzeltheile hervorzuheben, denen sie Form giebt; sie hat dem Auge klar zu machen, welche Eigenschaften das Material hat, welcher Art dem gemäss das einzelne Materialstück in Anspruch genommen ist und in welcher Weise die sämmtlichen Stücke unter einander verbunden sind, welche Dienste dem gemäss die Verbindung einer Reihe der Einzelstücke zu einem Constructionstheile der Gesammtconstruction leistet. Die künstlerische Gestaltung wird da, wo grosse Massen nöthig sind, um einer grosen Kraft zu widerstehen, dieses Verhältniss dem Auge durch grosse, schwere, massige Gliederung klar machen; sie wird durch leichte, zierliche Gliederung das bestehende Verhältniss da anzeigen, wo die Massen keinem äusseren Zwecke mehr dienen, wo sie keine tiefer gehenden statischen oder mechanischen Dienste zu leisten haben, sondern mehr ästhetische Rücksichten ihr Vorhandensein verlangen.

Die Gliederung soll aber auch nicht blos die Eigenschaften und Functionen der einzelnen Constructionstheile 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 gesammten Aufbau des Systemes künstlerischen Schaffens festgehaltene Analogie mit den Naturgesetzen als Norm für dasselbe wieder. Mussten wir jedoch für die Gesammtanordnung und Eintheilung eines Bauwerkes Analogien auf einem Gebiete suchen, auf welchem subjective Anschauungen keinen Einfluss haben, so dass allerdings die vollkommenste Erfassung der dem Künstler von aussen gegebenen Aufgabe ihm gewissermasen dieselbe vollkommene Schöpferkraft verleihen würde, wie sie der Natur innewohnt, während die ganze individuelle Einwirkung des Künstlers eben nur in dem Grade seiner Vollkommenheit liegt; mussten wir ähnlich für die Construction des Bauwerkes selbst auf eine Thätigkeit hinweisen, die einem unerreichbaren Naturgesetze analog ist — so giebt die Durchbildung der Gliederung, weil sie eben eine Sprache ist, der subjectiven Thätigkeit mehr Raum. Man kann bei vollkommener Beherrschung einer Sprache einen und denselben Gedanken in der verschiedensten Weise ausdrücken; es wird nur in der Ausdrucksweise eine gröfsere oder geringere Feinheit und Harmonie liegen, welche eben dem Sinne des Vortragenden für Feinheit und Harmonie entsprechen. Eben so bei der Formensprache. Hier entscheidet nur das Talent; hier ist kein Gebiet mehr, das eigentlich so grofs 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 Wortvorrathe schöpft, ob er ernst oder heiter stimmen will, ob er den Geist in behagliche Ruhe wiegen, ob er ihn entflammen und zu grosen Thaten 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 Gröfse 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.

Eben so weit nur werden Gesammtaufgabe und Gesammtgestaltung des Bauwerkes die Gliederung direct beeinflussen. Sie bestimmen den gröfseren oder geringeren Grad des Reichthums, den Grad des mehr oder minder scharfen Sprechens, d. h. der Derbheit oder Feinheit, so wie den Massstab, d. h., um bei unserem Vergleiche zu bleiben, die Gröfse

der Schriftcharaktere, in welchen die Gedanken ausgedrückt werden. Die Gröfse des Bauwerkes, welchem fie entfprechen mufs, beftimmt auch die Gröfse für jeden Einzeltheil. Die Frage, wie weit derfelbe vom Auge entfernt ift, welchen Standpunkt das letztere gewinnen kann, um diefen Theil zu betrachten, beeinflufft gleichfalls die Geftaltung der Einzeltheile.

Im Uebrigen entwickelt fich die Formenfprache nach eigenen Gefetzen; denn nicht Zufall ift es, noch fubjective Annahme, welche die Elemente feft ftellt und denfelben ihre Bedeutung zuweist.

Die Formenfprache theilt mit der allgemeinen Umgangsfprache die hiftorifche Entwickelung. Das Bedürfnifs ausdrucksvollerer Sprache hat fich in der Architektur eben fo nach und nach entwickelt, wie im menfchlichen Umgange, und dem Bedürfniffe ift ftets fofort die Einführung neuer Formenelemente gefolgt. Wie fich die Worte der Umgangsfprache im engften Anfchluffe an die Entftehung der Begriffe felbft bei jedem Volke entwickelt haben, fo auch die Formen der Architekturelemente. Derfelbe Trieb, welcher den Menfchen veranlaffte, nicht irgend welche, fondern ganz beftimmte Laute an einander zu reihen, um für einen beftimmten Begriff das richtige Wort zu bilden, hat auch die Formenelemente fo ausgewählt, dafs fie den elementaren Begriffen wirklichen Ausdruck geben, zu deren Verkörperung fie dienen. Die Grammatik diefer Formenfprache wird, wie jeder andere Theil des Bauwefens, Gegenftand einer befonderen Abhandlung unferes Buches fein. Wir können daher hier unferen Satz eben fo wenig durch Beifpiele belegen, als alle vorhergehenden, fo nahe auch gerade hier der Nachweis gelegt wäre, in welcher Weife fich folche Formenelemente aus den Begriffen entwickeln, welche und wie viele folcher Elemente die Formenfprache enthält, wie fich diefelben gruppiren laffen, und was fich durch diefe Gruppirung ausfprechen läfft.

Allerdings ift die Zahl der Formenelemente keine fo grofse, als jene der Worte einer ausgebildeten Sprache, immerhin aber grofs genug, um für den Ausdruck eines jeden Gedankens auszureichen, welcher überhaupt durch die Architektur verkörpert werden kann. Wie hat nun, um naturgemäfs zu verfahren, die Baukunft ihre Elemente zu geftalten, welche Lehren kann fie dafür der fchöpferifchen Thätigkeit der Natur entnehmen?

Sämmtliche Kräfte, welche in einer Conftruction wirken, find ftatifche und mechanifche; ihnen haben die Baumaffen, welche zur Conftruction verbunden find, zu widerftehen. Ihre Wirkung beruht auf Gefetzen, die fich durch mathematifche Formeln ausdrücken laffen; defshalb können ihnen auch nur mathematifche, d. h. geometrifche Formen Ausdruck geben. Die grofsen Baumaffen fowohl, als die Hauptconftructionstheile haben daher ftets geometrifche Grundformen zu erhalten. Auch die Hauptelemente der Einzelgliederung haben geometrifche Formen.

X.

Das Bauwerk foll jedoch nicht blofs die Wirkung ftatifcher und mechanifcher Kräfte zum Ausdrucke bringen; es foll auch beftimmte Gedanken anregen. Zu diefem Zwecke erweitert fich der Schatz der Formenfprache durch Elemente, welche, wie die Worte der Umgangsfprache, an das anknüpfen, was das Auge des Menfchen fieht, Elemente, die nicht mehr der Conftruction dienen, fondern nur dem idealen, im Bauwerke liegenden Gedanken, der den Charakter des Gebäudes in der Maffenanordnung beftimmt, die Wahl des Materials und der Conftruction geleitet hat. Die Ornamentik, unter welchem Namen die an die geometrifche Gliederung anfchliefsenden, fprechenden Elemente bezeichnet werden, gehört gleich der Gliederung der Formenfprache an. Deren Anwendung jedoch läfft fich mit keinem Vorgange der Natur bei ihrer fchöpferifchen Thätigkeit in Parallele ftellen; vielmehr liegt in ihr und ihrer Verwendung jener directe Gegenfatz zur Natur, welcher im menfchlichen Schaffen ruht. Die Natur hat nie felbftbewufste Gedanken auszudrücken und bedarf in ihrer Formenfprache defshalb keiner Elemente, welche folchen Ausdruck geben. Die Baukunft braucht folche.

Szczecinie
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

Unſer geſammter Gedankengang iſt beeinflufſt von der Natur und deren äufserer 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 Anſchlufs an den conſtructiven Kern des Bauwerkes Ausdruck zu geben. Es iſt das geſammte Pflanzenreich, das Thierreich 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, zu dem Grundgedanken des Werkes in Beziehung ſtehen. Es mufs für ſie eine innere Nothwendigkeit vorhanden ſein. Ohne ſolche darf das Ornament ſich am Bauwerke nicht zeigen. Die Frage ſeines Vorhandenſeins iſt analog dem Vorhandenſein der Blätter und Blüthen des Baumes; wie dieſe nothwendige Beſtandtheile zum Leben deſſelben ſind, ſo müſſen auch alle Ornamente nothwendige Beſtandtheile des Geſammtwerkes ſein. Der Charakter des Gebäudes, der geiſtige Zweck, dem es dienen ſoll, beſtimmen, wo und wie viel davon vorhanden ſein mufs, und ſo wenig am vollendeten Kunſtwerke eine Blume zu viel ſein darf, eben ſo wenig darf eine nothwendige fehlen. Aber eben der Zweck, zu welchem die Ornamentik angebracht wird, betrifft nicht das materielle Leben des Werkes, welches ſich auf ſeinen feſten Stand beſchränkt, ſondern das geiſtige. Geiſt hat die Natur keinem Geſchöpfe mit Ausnahme des Menſchen gegeben, und deſshalb iſt die Kunſt, welche einen Theil des göttlichen Funkens im Menſchen wiedergiebt, echt menſchlich.

Doch iſt auch das Ornament nicht ganz von äufseren 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 nöthig machen. Das Blatt eines Ornamentes am Bauwerke iſt kein natürliches Blatt, welches der Wind bewegt; es iſt aus Holz oder Stein gebildet; es läfſt ſich alſo nicht in der geringen Stärke herſtellen, in welcher ein natürliches Blatt aus Zellengewebe ſich darſtellt. Aber auch zeigt ein ſolches natürliches Blatt ſo viel Zufälliges, weil das groſse Geſetz des Wachsthumes, welches die abſolute Gleichheit der Geſtalt aller Blätter einer und derſelben Pflanzengattung bedingen würde, in der That nie zur ausſchlieſslichen Geltung gelangen kann, ſondern durch tauſende der verſchiedenartigſten Einflüſſe durchkreuzt wird, welche dem einzelnen Blatte ſo viel Zufälliges geben, dafs 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 Wachsthumes zu ungeſtörter Geltung hätte gelangen können. Das Naturobject iſt aber auch entweder ein Ganzes für ſich oder Theil eines vollſtändig anderen Ganzen, als es am Bauwerke wird. Dieſen anderen Verhältniſſen mufs es Rechnung tragen. Es mufs umgebildet — ſtiliſirt werden, um als ein von der Architektur unzertrennliches Stück ſeine Aufgabe zu erfüllen. Der Grad der Stiliſirung iſt aber je nach der Aufgabe ein ſehr verſchiedener. Er kann ſo weit gehen, dafs nicht einmal mehr ein beſtimmtes in der Natur vorhandenes Geſchöpf noch in dem Ornamente 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, dafs Alles, was in die Erſcheinung tritt, Form und Farbe hat. So alſo auch die Werke der Baukunſt. Wir haben das Verhältnifs von Form und Farbe zu einander verglichen mit der Sprache und der Muſik. Wir haben von dem Eindrucke geſprochen, welchen nicht blofs die Form, ſondern auch die Farbe irgend eines

Gegenſtandes auf das Gemüth macht. Wir haben deſshalb auch in der Architektur die Farbe als eine eben ſo wichtige Grundlage der künſtleriſchen Geſtaltung anzuſehen, wie die Form, und die Harmonie der Farben iſt eben ſo wichtig, als das Bildungsgeſetz der Formen. Die Farbe hat ihre Bedeutung vorzugsweiſe für den geiſtigen Theil der Aufgabe eines Bauwerkes. Je weniger ideal dieſe Aufgabe, um ſo weniger wichtig die Farbe des Werkes: je idealer daſſelbe, um ſo höher die Wichtigkeit der richtigen Wahl.

In ähnlichem Verhältniſſe, wie die Muſik den Eindruck der Dichtung auf das Gemüth 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 Nüancirung der Einzeltöne. Die Zahl der einzelnen Farbtöne mit ihren feinen Uebergängen iſt eben ſo 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 ähnlichem Verhältniſſe aber ſtehen harmoniſche Farben zu einander, wie harmoniſche Töne. Aehnlich ſprechen ſich die Gegenſätze aus; ähnlich runden ſich die Farben zu einem Geſammtwerke 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 Werth der Dichtung nicht beinfluſſen wird, wohl aber den Eindruck, welchen dieſelbe auf empfängliche Zuhörer macht, eben ſo 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 verſchieden farbige Materialien combinirt werden, wo daher die Farbe von weſentlichſtem Einfluſs bei der Wahl des Materials iſt. Auch die Wahl der Conſtruction wird durch die Farbe beeinflufft, weil ihr die Aufgabe zufällt, die Theile ſo anzuordnen, daſs die Farben der verſchiedenen Materialien in ein richtiges harmoniſches Verhältniſs zu der 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 Ausdrucks 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 Conſtructionstheilen ſich eben ſo eine Gliederung ergiebt, wie durch die Mannigfaltigkeit der Formen. Man kann durch Färbung den Unterſchied von ſchwer und leicht, dem gemäſs 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 aus einander 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 Grundſätzen ſchaffen ſoll, wie die Natur, ſo weit 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 zurückgeſtrahlt 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 wiederſpiegelt und ſomit auf eine Fläche die ganze Wirkung von Form und Farbe perſpectiviſch projicirt, ſo iſt doch damit nur der Eindruck von vielen Einzelheiten auf unſer Auge wiedergegeben, nicht aber deren thatſächliches Ausſehen.

Wohl hat auch die Natur die wenigſten ihrer Geſchöpfe einfärbig ausgeſtattet; ſie verwendet den reichſten Farbenſchmuck 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 von dem Reichthume der Farben ſolch harmoniſche Anwendung zu machen verſtände, 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 Theil.

XII.

Wir haben in vorſtehenden Betrachtungen verſucht, die geſammte Theorie der Geſtaltung des baukünſtleriſchen Schaffens zu unterſuchen und feſt zu ſtellen. Wir haben auf Vorführung aller Beiſpiele verzichtet. Wir haben die Theorie aufgeſtellt, als ob noch nie ein Bauwerk errichtet worden wäre, als ob wir erſt die Theorie aufzuſtellen 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 Grundſätzen 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 That auch nur möglich ſein, eine Theorie der Architektur aufzuſtellen, wenn nicht die Architektur bereits einen hohen Grad der Entwickelung erreicht hätte? Sicherlich nicht! Der Begriff entwickelte ſich hier mit der Sache ſelbſt, und erſt, nachdem Tauſende thätig 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 Bethätigung Anderen zu überliefern, konnte der Gedanke kommen, den geiſtigen Schatz zu ordnen, welcher durch die praktiſche Bethätigung geſchaffen war, konnte daran gedacht werden, zu prüfen und zu vergleichen, wie viel Uebereinſtimmendes in den tauſendfältigen praktiſchen Antworten liege, welche die thätigen 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 feſt ſtellen 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 Richtigkeit 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 Rathe 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 nöthig; 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 Verſtändniſs für dieſelbe wird deſshalb 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 Werth 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 geſammten Menſchheit: Sinn und Verſtändniſs für die Theorie entwickelt ſich und wächst mit der Kunſtübung.

Der Sinn für rationelle, auf die Theorie begründete Handhabung der Architekturformen iſt allerdings nicht jedem Künſtler in gleichem Grade eigen, wie er auch nicht in jedem Volke gleich hoch 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 ſocialen, 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 Entwickelungsgang der Architektur keineswegs bei allen Völkern, noch bei anderen zu allen Zeiten ſich auf die oben aufgeſtellten Grundſätze ſtützen. Mit der werthvollen Erfahrung, welche ſich von Einem zum Anderen forterbt, vererbten ſich auch die Irrthümer, 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 ungezügelte Willkür denſelben beherrſchen. So zeigt uns auch ein Blick auf die Geſchichte der Baukunſt nicht bloſs Verſchiedenheiten der Formenſprache in den verſchiedenen Culturepochen, ſondern auch der Grundlage, worauf dieſelbe beruht. Nicht immer iſt es die rationelle Tektonik allein, welche thatſächlich die Grammatik der Formenſprache feſt geſtellt hat; ſelbſt bei den am meiſten geſetzmäſsig organiſirten Völkern iſt die Auffaſſungskraft nicht ſo unfehlbar, daſs die Art der Auffaſſung allenthalben die gleiche wäre; es zeigt ſich im Gegentheile eine ſolche Mannigfaltigkeit, daſs die Betrachtung der geſchichtlichen Entwickelung der Baukunſt für jeden Denkenden hoch intereſſant iſt.

XIII.

Die Menſchen, welche zuerſt begannen, der Natur gegenüber zu treten, dieſelbe ſich dienſtbar zu machen und gegen ihre Unbilden ſich zu ſchützen, welche die erſte Grundlage der Cultur legten, hatten der Architektur noch keine groſsen Aufgaben zu ſtellen, und es dauerte lange, bis die geiſtige Entwickelung ſo weit gediehen war, daſs jene groſsartigen Monumentalbauten Bedürfniſs wurden und entſtehen konnten, welche die höchſte Aufgabe der Architektur bilden. Auch ging dieſe Entwickelung keineswegs allenthalben gleichzeitig vor ſich, und während die Geſchichte uns manches Jahrtauſend zurückſchauen läſſt, um bei

einzelnen Völkern ſchon jene hohe Entwickelung der Cultur zu finden, welche der Architektur die groſsartigſten Aufgaben zu ſtellen hatte, finden wir andere ſelbſt heute noch auf einer Stufe, welche zu monumentaler Bethätigung nicht drängt. Meiſt allerdings geht mit dem Eintreten eines Volkes in die Geſchichte auch die monumentale Bethätigung Hand in Hand.

Unter den verſchiedenen Bedingungen, von denen die Entwickelung der Cultur 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 Entwickelung zeigt, welches ſich in groſsartigen Monumentalwerken bethätigte, das eines von der Natur begünſtigten, glücklichen Landes, der Nordoſtküſte von Afrika, wo ſchon vor mehr als 4000 Jahren das merkwürdige Volk der Aegypter eine geſicherte 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 daſſelbe ſein Land mit den älteſten Monumentalbauten füllen ſehen, die heute noch erhalten ſind. Wenn wir die groſse Stabilität und den langſamen Entwickelungsgang 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 Aegyptens Boden jene primitiven Steinwerkzeuge aufgedeckt, welche allenthalben Zeugniſſe der älteſten Culturthätigkeit 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 Entwickelung ſich unter fremdem Einfluſſe vollzogen, ſo läſſt ſich für Aegypten kein Volk nachweiſen, welches dort hätte auf die Urbewohner anregenden Einfluſs ausüben können. Schon faſt 3000 Jahre v. Ch. 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 culturfähig 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 Nil-Thal herabblicken, Werke, die nahezu in den Beginn des dritten Jahrtauſends fallen und noch von der erſten Dynaſtie errichtet ſind, welche Aegypten beherrſchte. Die gröſsten derſelben gehören der vierten an und können als Werke der erſten Culturblüthe Aegyptens 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 Aegypter 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, theils aus Backſteinen, theils 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 hoch entwickelte Technik zu Gebote ſtehen, wie ſie unbedingt nur in einem ſtrenge geordneten Staatsweſen ſich ausbilden konnte, welches auch über groſse Menſchenmaſſen verfügte, die in Folge der Ordnung ſolchen Werken ihre Kräfte leihen konnten, während Andere für den Unterhalt derſelben arbeiteten, Andere die Sicherheit gewährleiſteten, Andere denkend die Cultur 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 theilweiſe des Materials wegen zerſtört, unter dem tiefblauen Himmel einen Eindruck, der faſt mächtiger iſt, als ihn Berge hervorzubringen vermöchten. In der That groſsartige Bauten ſind es, welche die Schwelle der Architekturgeſchichte bilden! Aber ihre Form iſt die einfachſte, urthümlichſte. Mit den Pyramiden verbanden ſich indeſſen ehedem noch mächtige andere Bauten, die bereits entwickelte Architekturformen haben und ſomit zeigen, daſs die groſsartig einfache Geſtalt der Pyramiden keineswegs einer Periode mangelnden Formenſinnes entſtammt, ſondern daſs dieſelbe als Reminiscenz 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 Wüſtenſande, 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 Todtenſtädte ſich urſprünglich um dieſe groſsartigen Mittelpunkte gruppirt hätten. So bedeutend auch dieſe Cultur war, ſo vollzog ſie ſich doch nicht unbedingt gleichmäſsig, und der Blüthe 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 Gegenſatze zu den Pyramiden in den natürlichen Fels gehauene Kammern ſind, vor deren Aeuſserem ſich ein Säulenportikus in zwar urthümlichen, aber doch verſtändniſsvoll gegliederten Formen erhebt.

Das groſsartige Staatsweſen der Aegypter zeigte ſich aber nicht mächtig genug, als der Wohlſtand des Landes etwa 2000 Jahre v. Chr. Fremde gereizt. So hoch es ſeine Cultur erhoben, genügte ſeine Wehrkraft nicht, als aſiatiſche Volksſtämme, die Hykſos, in das Land einbrachen; daſſelbe ward ihnen zur Beute; ſie vernichteten mit der Unterjochung der Bevölkerung die alte Cultur; mindeſtens drängten ſie dieſelbe während ihrer mehrhundertjährigen Herrſchaft in einzelne Gegenden zurück. Um 1600 v. Chr. unternahm unter der achtzehnten Dynaſtie das einheimiſche Volk die Befreiung des Landes von der Fremdherrſchaft, ſtellte ſchon während dieſer Kriege die alten Heiligthümer wieder her, erhob Theben in Oberägypten zum Sitze der Herrſchaft und ſtattete daſſelbe 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 Aegypten 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, Canäle eben ſo wie 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 cultlichen Bedeutung verſchieden. Charakteriſtiſch für die Anlage iſt ein Pylonen-Vorbau, d. h. zwei pyramidal aufſteigende, wenig tiefe Thürme, zwiſchen denen ſich eine gewaltige Thüröffnung befindet. An denſelben ſtanden Maſten mit Fahnen, die ſie überragten; vor ihrer äuſseren Front lehnten ſich ſitzende Koloſſalfiguren; vor denſelben ſtanden ſchlanke Obelisken; Reihen von Löwen-, Widder- oder Sphinx-Geſtalten bildeten den Zugang. Hinter den Pylonen erſtreckte ſich ein Vorhof, rings von einfachen oder doppelten Säulenhallen umgeben. Dann folgte das Heiligthum aus mehreren in einander gehenden, meiſt fenſterloſen Räumen beſtehend, deren Decken theilweiſe von Säulen getragen ſind. Bei groſsartigen Tempelanlagen ſind mehrere Vorhöfe mit Pylonen aneinandergereiht; um das Sanctuarium liegen wieder Höfe, hinter denen abermals andere Sanctuarien ſich erheben. Die Säulen ſind aus mächtigen Steintrommeln

aufgeſchichtet. Die Kapitelle, verſchiedenartig gebildet, haben theils die Form eines geſchloſſenen, theils eines offenen Blumenkelches. Mächtige Steinbalken liegen von Säule zu Säule auf niedrigen, vierſeitig prismatiſchen Aufſätzen; groſse Steinplatten bilden die Decke, zugleich aufsen die Plattform, zu der Treppen in die Höhe führen. Sämmtliche Aufsenmauern verjüngen ſich nach oben; die Kanten ſind von Rundſtäben eingefaſſt; eine groſse Hohlkehle bildet das Geſimſe. 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 Geſimſe im Inneren und Aeufseren ſind mit Malereien und bemalten Flachreliefs bedeckt, in denen theils die Lehren der Symbolik und Mythologie vorgetragen, theils die Geſchichte, theils das öffentliche, häusliche und gewerbliche Leben der Nation in reicher, ſtreng der Grundform ſich anſchlieſsender Weiſe dargeſtellt ſind. Die Gemälde und Sculpturen ſowohl, als die Ornamentik, welche dieſelben verbindet, und die Hieroglyphenſchrift bilden eine ungemein lebendige Decoration, welche zugleich dem Charakter der Fläche als ſolcher vorzüglich angepaſſt iſt.

Das hervorragendſte Werk jener Blütheperiode, das Hauptheiligthum von Theben, iſt der Tempel, in deſſen Nähe ſich heute das Dorf Karnak angeſiedelt 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 Seitentheile des Saals, während das höher angelegte Mittelſchiff Oberfenſter hat. Die Balken, welche von Säule zu Säule liegen, haben eine Länge von 7 m, eine Breite von $1^1/_3$ m und eine Stärke von nahezu 2 m; je zwei bilden neben einander gelegt einen Architrav; die darüber liegenden, die Decke bildenden Platten haben $8^1/_2$ m Länge, über 1m 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.

Aehnlich disponirt, wenn auch in den Maſsen theilweiſe demſelben weit nachſtehend, ſind ſämmtliche 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 Felſentempel von Ibſambul, 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 Aegypten den Aethiopiern, denen es früher ſchon ſeine Cultur mitgetheilt hatte, und welche nun faſt 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 Bundesheiligthum das viel gefeierte Labyrinth erbauten, das 12 bedeckte Höfe und 3000 Gemächer hatte. Einer der zwölf Herrſcher, *Pſammetich*, überwand im Jahre 670 v. Chr. die übrigen und ſtellte die Einheit des Reiches wieder her. Er verlegte die Reſidenz nach Saïs. Während der hundertjährigen Herrſchaft der Pſammetiche, der ſechsundzwanzigſten Dynaſtie, hatte Aegypten eine neue, glänzende Zeit. Auch *Amaſis*, der Begründer der ſiebenundzwanzigſten Dynaſtie, war bemüht, ſeine Regierung durch prächtige Denkmäler zu verherrlichen; aber ſchon unter ſeinem Sohne *Pſamenit* wurde im Jahre 525 Aegypten vom Perſerkönige *Kambyſes* erobert, der das Land durchzog, zerſtörte und ver-

nichtete, was ſich an Denkmälern vernichten ließs. Er brach nicht nur Aegyptens Macht, er ſuchte ſeine Cultur zu zerſtören. Doch, wenn auch gebrochen, widerſtand ſie, und des Siegers Nachfolger bezeichneten ihre Herrſchaft über Aegypten gleich den äthiopiſchen Königen durch national-ägyptiſche Monumente. Die Selbſtändigkeit des Reiches war dahin. *Alexander d. Gr.* verleibte Aegypten ſeinem Reiche ein. Seine Nachfolger, die Ptolemäer, griechiſche Fürſten, waren helleniſcher Bildung unterthan; unter ihnen erblühte Alexandrien zu einem Mittelpunkte; allein ſie vergönnten gleich ihren Nachfolgern, den Römern, der ägyptiſchen Cultur ihre Exiſtenz, und dieſe war mächtig genug, ſelbſt unter der Weltherrſchaft der Römer und über ſie hinaus neben der claſſiſchen Kunſt, die, wie allenthalben, auch in Aegypten ihre Stätte fand, ſich ſelbſt treu zu bleiben und den Baudenkmälern den alten Charakter im Weſentlichen zu erhalten, bis der Islam mit der claſſiſchen 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 giebt, iſt der Eindruck ruhiger, ernſter, majeſtätiſcher Gröſse, der nicht ausſchlieſslich von den Dimenſionen abhängt. Es iſt vor Allem die Charakteriſtik der Geſammtformen 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 Uebereinſtimmung 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 durchgeiſtigte Naturgebilde erſcheinen läſſt, gröſser als Naturgebilde, weil ſie uns den Geiſt des Menſchen in ſeiner ganzen Gröſse zeigen. Zwar iſt jeder Theil, jede Sphinx, jeder Obelisk, jede Säulenhalle ſelbſtändig; aber ſie wollen doch alle nur Theile 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 Theil eines mächtigen, gewaltigen Ganzen. Jedem war aufs genaueſte und unabänderlichſte ſeine Aufgabe im Organismus des Ganzen vorgezeichnet, als deſſen Theil ſich Jeder fühlte, an deſſen Gröſse jeder Antheil nahm. Und wie Stein auf Stein ſich zu einer mächtigen Mauer fügte, die Jahrtauſenden 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 aber Tauſende 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 Theile der Arbeit zu beſorgen hatte, die zum Leben der Nation nöthig 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 thatſächlich doch ſo verſchiedenen Geiſtes waren, daſs der Sinn für monumentale Bethätigung ihnen ferne liegen muſſte. Das Volk, welches, als es ſelbſtändig geworden war, ein Zelt zum Nationalheiligthum 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 ſeinigen

anerkannte, grofsartige Tempel zu bauen. Indeffen waren weder das ifraelitifche Volk, noch die Staaten und Reiche ftammverwandter Völker in der Lage, der Architektur entbehren zu können; vielmehr finden wir auch in Vorderafien eine hoch entwickelte Cultur, welche der Baukunft grofsartige Aufgaben ftellte. Die Grundlage diefer Cultur geht wohl gleich der ägyptifchen bis in die graueſte Vorzeit hinauf. Aber doch fpäter erft entwickelte fich der Kunftbau in jenen Gegenden, und wohl ficher erft unter dem Einflufs der ägyptifchen Bauten zu wirklich monumentaler Durchbildung, wenn auch frühe fchon 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 fein auf Erden«. »Und der Anfang feines Reiches war Babel« im Lande Sinear. »Von dem Lande ift danach gekommen der *Affur* und baute Ninive und Rehoboth, Ir und Kalah, dazu Reffen zwifchen Ninive und Kalah. Dies ift eine grofse Stadt.« Der biblifche Bericht führt uns nach Mefopotamien, in die Ebene am Euphrat und Tigris, ein Land, ähnlich von der Natur begünftigt, ähnlich organifirt wie Aegypten, ein Land, das alfo ein Nomadenvolk, welches fich feſshaft machen und der Cultur zuwenden wollte, feffeln mufſte. Freilich bot es nicht allenthalben jene gewaltigen Steinblöcke, aus denen die Aegypter ihre Denkmäler errichteten. Das 11. Kapitel der Geneſis fagt daher: »Da fie nun zogen gegen Morgen, fanden fie ein ebenes Land im Lande Sinear und wohnten daſelbſt und fprachen unter einander: Wohlauf laffet uns Ziegel ſtreichen und brennen. Und nahmen Ziegel zu Stein und Thon zu Kalk und fprachen: Wohlauf laffet uns eine Stadt und Thurm bauen, defs Spitze bis an den Himmel reiche, dafs wir uns einen Namen machen; denn wir werden vielleicht zerſtreut in alle Länder.«

Die biblifche Chronologie nimmt den Beginn des zweiten Jahrtaufends als die Zeit *Nimrods* und der Gründung des chaldäifchen Reiches an. Auch die griechifche Tradition ſtimmt darin überein und nennt Ninive oder Ninus, ein Werk des gleichnamigen Königs, als die älteſte Stadt, *Semiramis*, deffen Wittwe, als Begründerin von Babylon und Erbauerin des Belus-Tempels, der mächtigen Mauern und der Burg jener Stadt, der hängenden Gärten und anderer Werke, welche *Herodot* noch gefehen haben will, während er doch wohl zum mindeſten nur fpätere Erneuerungen fah. Es würde jedoch gewagt fein, von den Reſten, die fich erhalten haben, irgend etwas in diefe Frühzeit zu fetzen und dem chaldäifchen Reiche zuzuweifen. Wenn die Blüthezeit des chaldäifchen Reiches in die erſte Hälfte des zweiten Jahrtaufends fällt, fo mögen etwa im Schluſſe des dritten die Stämme, welche bis dahin nomadifirend durch das Land gezogen, fich zum Theile feſt gefetzt haben, vielleicht unter Vertreibung anderer von ihren Stätten, und es mag die Einwanderung der Hykfos in Aegypten damit im Zufammenhange geſtanden haben. Es ift für die Architekturgefchichte ohne Belang, zu unterfuchen, wie weit die verfchiedenen Völker und Stämme, welche uns die Gefchichte in Vorderafien anfäffig zeigt, ſtammverwandt waren; wir finden eine gemeinfame Cultur, welche allerdings, von Volk zu Volk fich übertragend, eine weit ſichtbarere und rafchere Entwickelung der Architekturformen zu Stande brachte, als das ſtabile Aegypten.

Um diefelbe Zeit etwa, als die Chaldäer fich in Mefopotamien feſt fetzten, nahmen die Phöniker an der Küſte des heutigen Syrien, bald darauf die Ifraeliten in Paläſtina Sitz. In allen Künſten erfahren, insbefondere in der Bearbeitung des Holzes, in der Goldfchmiedekunſt und im Erzguſs, werden die Phöniker uns auch als die Werkleute der Ifraeliten vorgeführt, und wir erfahren, dafs gegenüber dem monumentalen Ernſt der ägyptifchen Bauten eine phantaſtifche Mannigfaltigkeit die Charakteriſtik der Bauten bildet, welche zum Theile von Holz mit Metallbekleidung ausgeführt ſind. Wir leſen von Anwendung des Cedernholzes zu den Conſtructionen, von Getäfel aus Cypreffen, von Teppichen als Behang der Wände oder Ueberkleidung derſelben mit Goldblech, von ehernen Säulen und elfenbeinernen Bänken. Aber von all der Herrlichkeit phönikifcher Tempel, wie vom Staatsheiligthume der Ifraeliten, 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 ausſpricht, als in den Werken der Aegypter, deren gewaltige Bauten ſicherlich die Anregung zu ſolcher monumentalen Bethätigung 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 v. Chr. und die nächſten Jahrhunderte die Aſſyrer errichtet. Die Bibel giebt uns durch den Mund des Propheten *Jonas* Mittheilungen über die groſsartigen Bauten Ninive's, deſſen Umfang drei Tagreiſen gehabt und deſſen Mauer nach griechiſchen Berichten 1500 Thürme zählte. Man hat in neuerer Zeit die groſsen Trümmerhaufen durchforſcht und Reſte von Palaſtanlagen gefunden, deren Inſchriften uns die Erbauungszeiten und die Namen der Herrſcher, welche ſie errichtet, nennen. Um mehrere Höfe gruppiren ſich Hallen und kleinere Gemächer; Terraſſenanlagen ſchlieſsen ſich ringsum an. Die Ueberdeckung der Räume geſchah theilweiſe durch Tonnengewölbe, theilweiſe durch Kuppeln, wie die Relief-Darſtellungen von Gebäuden uns erkennen laſſen. Einzelne zeigen auch Lichtgalerien, durch welche wohl die mit einer Holzconſtruction gedeckten gröſseren Räume unmittelbar unter der Decke beleuchtet wurden, während die ſchmalen und gewölbten Räume ihr Licht bloſs durch die Thüren oder durch Oeffnungen im Gewölbe erhielten. Wir haben vielleicht anzunehmen, daſs die Gebäude auf der Hauptterraſſe nur ein Geſchoſs zeigen, deſſen einzelne Theile verſchieden hoch zu einer Gruppe ſich vereinigten. Es mag mangelhafte Perſpective der Reliefs ſein, welche uns mehrgeſchoſſige Bauten zu zeigen ſcheint. Solche treten uns allerdings in den Stufen-Pyramiden entgegen, welche als Tempel und Grab bei den Paläſten ſich erheben und für welche die Siebenzahl der Stockwerke charakteriſtiſch war.

Bemerkenswerth der ägyptiſchen Architektur gegenüber iſt der Gewölbebau und die Verwendung des Halbkreisbogens für die Conſtruction der Portale. In der äuſseren Ausſtattung treten uns jedoch ähnlich wie bei den Aegyptern die umfaſſende Verwendung der Farben, die Bemalung des Reliefs, die Bekleidung mit farbig glaſirten Thonplättchen, ſo wie 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 giebt, 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 Cultur unter dem Einfluſſe jener vorderaſiatiſchen entwickelten. So können wir den geſammten ſpäteren Gewölbebau, insbeſondere den Kuppelbau von dieſen Werken der Aſſyrer ableiten, und heute noch ſehen wir im Orient die terraſſenförmig bedeckten Gebäude ohne Dach, deren Terraſſe theils auf Gebälken, theils auf Tonnengewölben aufruht, die Verbindung mit Kuppeln, die Bekleidung mit bunten Thonplättchen, das bunt gemuſterte Gewebe nachahmend, welches einſt das Zelt des Nomaden bildete, daneben aber auch die umfaſſende Anwendung hölzerner Bauten, die wir vor 3000 Jahren bei den Aſſyrern kennen lernen. An einer umfaſſenden Verwendung des Holzbaues bei denſelben können wir um ſo weniger zweifeln, als wir ſelbſt in der ſpäteren Entwickelungsphaſe Formen in Stein ausgeführt finden, die ihren Urſprung der Natur des Holzes verdanken, und als die Geſchichte uns die Thatſache überliefert hat, daſs die mächtigen Städte durch Feuer ſo gründlich zerſtört ſind.

Der bedeutendſte unter den aſſyriſchen Paläſten iſt der beim Dorfe Khorſabad aufgegrabene, welcher auf einer Plattform von mehr als 300 m Länge und Breite ſteht. Eine

grofse Freitreppe an der einen, eine Rampe an der anderen Seite führten zur Terraffe empor. 24 Paare koloffaler geflügelter Stiere mit Menfchenköpfen bilden Portale; Steinplatten mit Relief-Sculpturen bedecken die Wände. Vom Palafte aus gingen in der Höhe der Terraffe 24 m dicke, mit ihrer Krone die Terraffe fortfetzende, zinnengefäumte Mauern um die Stadt. Aus ihnen fprangen 64 Thürme hervor, und 7 Thore gaben Einlafs, von denen 3 mit jenen geflügelten Stieren gefchmückt find, auf deren Köpfe fich Bogen ftützen, an deren Stirnfeiten farbig glafirte Thonplättchen prangen. Man will in den Ruinen von Nimrud, wo mehrere Paläfte gefunden wurden, das alte Kalah erkannt haben. Der Nordweftpalaft daffelbft ift durch Infchriften als das Werk des Königs *Affurnafirpal* (923—899 v. Chr.) bezeichnet, der Centralpalaft von feinem Sohne *Salmanaffar V.* (899—870 v. Chr.) erbaut. Einen Palaft und eine dazu gehörige Stadt baute *Sargon* (721—702). Sie trug feinen Namen Hifir-Sargon. Sein Nachfolger *Sennacherib* (702—680) baute den gewaltigen Palaft von Kujiundfchik, in welchem man nebft dem grofsen Trümmerhügel bei Moffiul das alte Ninive erkannt haben will. *Affurbanipal* (668—660) erbaute den Südweftpalaft von Nimrud.

Das Schickfal der Zerftörung liefs nicht lange auf fich warten. Schon im Jahre 600 v. Chr. verbanden fich die Bewohner Babylons, welches bis dahin unter affyrifcher Herrfchaft geftanden und vergebens feine Unabhängigkeit zu erringen gefucht hatte, mit den Medern, ftürzten das affyrifche Reich und zerftörten Ninive fo gründlich, dafs man fchon wenige Jahrhunderte danach den Ort nicht mehr kannte, an dem es geftanden.

Babylon trat an feine Stelle, von *Nebucadnezar* erneuert, der die Mauern der Stadt neu baute, die der *Semiramis* zugefchriebenen Gärten und den Bals-Tempel, eine Stufen-Pyramide von ca. 200 m Bafis, fich in 7 Abfätzen auf derfelben gewaltigen Terraffe erhebend, die auch den Palaft trug, errichtete. *Herodot* fpricht von einer Breite von 50 und einer Höhe von 200 Ellen, der 12 Meilen langen hundertthorigen Mauer, welche in ihrem Inneren noch eine kleinere von 2¼ Meilen Umfang einfchlofs, die zwei königliche Paläfte und einen regelmäfsig mit rechtwinkelig fich kreuzenden Strafsen angelegten Stadttheil abfonderte, deffen Häufer 3 und 4 Stockwerke hatten. Aber auch Babylons Glanz dauerte nur fehr kurze Zeit. Bald wurde es den Medern unterthan; 536 eroberten es die Perfer unter *Cyrus*, deffen Nachfolger die Mauern fchleiften, den Belus-Tempel zerftörten, deffen Wiederaufbau *Alexander d. Gr.* vergebens verfuchte, fo dafs Babylon Ninive's Schickfal bald theilte und verfchollen war.

Aber die Meder und nach ihnen die Perfer nahmen den Faden der Cultur auf und entwickelten auch die Baukunft in ähnlichem Sinne weiter, fo dafs auch die perfifche Architektur nur eine weitere Entwickelungsphafe der vorderafiatifchen, von den Chaldäern begründeten Baukunft ift. Ihre Gefchichte beginnt mit *Cyrus* (559—529), von deffen Burg zu Pafargadä noch die aus grofsen Quadern errichtete Terraffe erhalten ift, während von einem kleineren Palafte noch eine Säule aufrecht fteht. Auch fein Grab, ein hausartiger, auf einem Terraffenbau ftehender Sarkophag, ift noch erhalten. Eine Halle von 24 Säulen umgab nach dem Berichte griechifcher Augenzeugen das Gebäude. Die wichtigfte Gruppe noch erhaltener Denkmalrefte ift jene von Perfepolis, deffen Königsburg *Alexander d. Gr.* den Flammen überlieferte. Noch find grofse Terraffenbauten erhalten. Eine Doppelrampe von Marmor, breit genug, dafs zehn Reiter neben einander emporreiten können, führt zur erften Terraffe; auf derfelben ftehen noch mächtige Pfeiler mit gefügelten, menfchenköpfigen Stieren, fo wie leichte Säulen von den Propyläen des *Xerxes*. Von ihr führt eine mächtige Treppenanlage zu einer höheren Terraffe, auf der Säulenhallen und Wohnräume ftanden.

Einen Anhaltspunkt zur Reconftruction diefer Bauten liefern uns die in den Felfen gemeifselten Grabfaçaden aus der Nähe von Perfepolis, deren Architekturformen klar ausfprechen, dafs fie aus Holz oder Metall mufften errichtet gewefen fein. Die fchlanken Säulen erinnern uns lebhaft an die Zeltftangen, und ihre Kapitelle zeigen in Stein nachgebildet die herabhängenden, theilweife fich rollenden Spanfchnitzel, welche ehemals der Zimmermann von der hölzernen Zeltftange mit dem Schnitzmeffer losgetrennt hatte.

Perſien unterlag *Alexander d. Gr.* Die claſſiſche Weltcultur trat auch hier neben die altheimiſche, welche theilweiſe deren Mutter war, und nach Untergang der claſſiſchen Cultur lieferte noch die altaſiatiſche den Geiſt, aus welchem die glänzende Cultur, insbeſondere die Baukunſt des Islam, befruchtet wurde. Doch ehe wir jenen einige Worte widmen können, müſſen wir eine dritte Culturperiode ins Auge faſſen, deren Denkmäler beſonderes Intereſſe für uns haben.

XV.

Abermals faſt ein Jahrtauſend jünger als die Begründung der weſtaſiatiſchen Cultur 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 Culturreiche gebildet, zuerſt unter deren Einfluſs ſich die Cultur erſchloſs. Wann und woher die Völker gekommen, welche dort geſeſſen, wie weit ihre Stammesangehörigkeit ging, iſt hiſtoriſch nicht nachgewieſen; die poetiſche Tradition verlegt die älteſten Thaten in die letzten Jahrhunderte des zweiten Jahrtauſends v. Chr. Man bezeichnet ſie, vielleicht ungenau, mit dem gemeinſamen Namen »Pelasger«. 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 Geſinde 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 Aegyptens Herrſcher ausführten, konnte dieſer Zuſtand keine Veranlaſſung geben. So weit 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 *Odyſſeus* und *Menelaos* beſchreibt, ſo bedürfte es nicht des beſtimmten Ausſpruches (Odyſſee IV), daſs *Menelaos* Aſien und Aegypten durchwandert und dort die Schätze zur Ausſtattung ſeines Palaſtes geſammelt. Wenn wir von der Erzbekleidung der Wände, von Gold, Elektron und Elfenbein leſen, ſo würde ſich der Vergleich mit den Beſchreibungen der Bauten *Salomo*'s von ſelbſt ergeben.

Für den Grabcultus 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 Aegyptern und Aſiaten den Sinn für groſsartige Bauunternehmungen aufgenommen hatten, ſo wie daſs ihre Technik eine hoch entwickelte 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 eigenthümlich genug, indem ſie meiſt nicht aus horizontal gelagerten Quaderſchichten, ſondern aus vielſeitigen, mit ihren Berührungsflächen ſorgfältig an einander 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.

Ueber die weitere Entwickelung dieſer vorhiſtoriſchen Kunſt auf griechiſchem Boden fehlen uns genügende Nachweiſe, wie entſprechende Denkmäler. In Kleinaſien finden wir eine Reihe von Felsgräbern, welche den Uebergang zu der claſſiſch-helleniſchen Kunſt vermitteln; in Italien zieht ſich dieſe Kunſt von der vorhiſtoriſchen Zeit weit in die geſchichtliche hinein, wo ſie herrſchte bis zu der Zeit, als die griechiſche Kunſt nach dem Untergange Griechenlands von dem erobernden Rom aufgenommen wurde und durch Einführung mancher von der älteſten Zeit her in Italien heimiſch gebliebenen Motive weitere Entwickelung zugeführt erhielt. Man bezeichnet jene Kunſt, welche ſich von der Heroenzeit

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 ſog. pelasgiſchen iſt, zeigen die älteſten Denkmäler, welche jenen vollſtändig gleich ſind, die während der Heroenzeit 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 Ueberdeckung der Thore; charakteriſtiſch die umfaſſende Verwendung von gebranntem Thon mit bunter Bemalung zur Bekleidung der Gebäude. Die ſog. etruskiſche Kunſt nahm ihre weitere Entwickelung gleichzeitig mit der griechiſchen. Wenn wir jedoch bei beiden, insbeſondere im Tempelbau, gegenüber den Vorbildern, die ſowohl Aſien als Aegypten lieferten, manche Gemeinſamkeit in der Geſammtanlage finden, ſo zeigt doch die etruskiſche Kunſt eine urthümlichere Durchbildung ſowohl in conſtructiver, wie formaler Beziehung. Aber es mögen auch in Griechenland 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 Heroenzeit und jenen ſpäteren aus der Blüthezeit des helleniſchen Geiſtes.

XVI.

Die Griechen hatten die ſtaatliche Selbſtändigkeit der einzelnen Städte aus der pelasgiſchen Heroenzeit in die der helleniſchen Geiſtesblüthe 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 Cultur herſtellte, waren es die Dorier, deren Einwanderung in Griechenland den Grund zur Entwickelung des ſelbſtändig helleniſchen Geiſtes, damit der Kunſt überhaupt und der Architektur insbeſondere legte. Woher kamen ſie? Weſs Stammes waren ſie? Waren ſie gleich den Joniern einer der Stämme, welche man mit dem Geſammtnamen 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, treten ſie als ein ſelbſtändiges Element dem joniſchen, dem Träger der pelasgiſchen Cultur gegenüber. Sie mögen auf niedrigerer Culturſtufe geſtanden haben, als dieſe; doch wirkten ſie befruchtend auf die Entwickelung der Kunſt ein. Dieſelbe wurde wohl zunächſt durch ihren Einfluſs auf das rein ideale Gebiet verpflanzt. Durch ihren Einfluſs hörte das Königthum der Pelasger-Zeit auf, mit ihm die wichtigſten Aufgaben, welche in Aſien der Baukunſt geſtellt waren, und der Götter-Cultus, deſſen Träger ſie waren, führte dahin, daſs die Entwickelung 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 Abſicht, 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, welch letztere ſomit faſt keinerlei praktiſche Bedeutung hatten. Aehnlich 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 Schaar 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 Beſitzthum Aller, das, aus zuſammengetragenen Beiſteuern Aller errichtet, ein gemeinſames Band und für jeden Einzelnen ein Gegenſtand des Stolzes, ſeiner Liebe zur Heimath feſtere Wurzel im Herzen

gab, das ihm als ein Zeichen galt, dafs der verehrte Gott, deffen Bild das Heiligthum umfchlofs, als Schutzgott der Stadt auch ihm wohlwollender Schützer fei. Im Tempel des Schutzgottes war gewiffermafsen die ideale Gemeinfchaft des Staatswefens verkörpert, das zu vertheidigen des Bürgers Pflicht war, das aber ohne äufserlichen Ausdruck nicht die Herzen hätte gefangen nehmen können. Im Tempelbau alfo war der Architektur durch eine ideale Aufgabe Gelegenheit zur Entwickelung gegeben. Die Tempel-Architektur ift alfo die eigentliche, aber auch die einzige Kunftfprache, und wo wir fonft monumentale architektonifche Thätigkeit geübt fehen, find die Formen des Tempelbaues auf die andere Aufgabe übertragen.

Vielleicht liegen die Anfänge des helleniſchen Tempelbaues in der pelasgifchen Kunft. Jedenfalls hatte er feſte Geftalt fchon in der Frühzeit der dorifchen Herrfchaft gewonnen. *Paufanias* erzählt, er habe als Refte alter Tempel zu Olympia Holzbauten gefehen. Auf dem Markte der Stadt Elis fah derfelbe einen tempelähnlichen Bau, deffen Decke von Eichenfäulen getragen war und der als Grabdenkmal jenes Fürften *Oxylos* galt, der die Dorier in den Peloponnes geführt hatte. Das Heiligthum des Pofeidon Hippio war aus Eichenftämmen errichtet, und erft Kaifer *Hadrian* baute einen monumentalen Tempel darum. *Plinius* erwähnt einen uralten Juno-Tempel zu Metapont in Unteritalien, deffen Säulen aus Rebenholz beftanden.

Aus diefer Frühzeit hat fich das Syftem des griechifchen Tempels, eine Cella, oder auch mehrere hinter einander liegende Räume unter einem gemeinfamen Dache, mit einer Säulenhalle an den beiden Giebelfeiten oder auch ringsum laufend, bis in die Spätzeit der claffifchen Cultur als geheiligte Tradition gleichmäfsig erhalten. In der formalen Ausbildung treten uns zwei Syfteme entgegen: das dorifche ernfter und wirkungsvoller, das jonifche anmuthsvoller und leichter, beide aber zur höchften Vollkommenheit in Bezug auf Formenharmonie durchgebildet. Es würde natürlich zu weit führen, wollten wir die Eigenthümlichkeiten der beiden Formenkreife näher entwickeln; es wird denfelben ohnehin ein wefentlicher Theil des gegenwärtigen Gefammtwerkes gewidmet fein. Wir müffen jedoch darauf hinweifen, dafs die Formenentwickelung beider fchon in den früheften, dem VII. und VI. Jahrhundert v. Chr. angehörigen Werken nahezu eben fo weit gediehen erfcheint, als in jenen der eigentlichen Blüthezeit, welche in den Schlufs des V. Jahrhundertes fällt, und dafs auch die ganze weitere Entwickelung der claffifchen Kunft verhältnifsmäfsig wenige Modificationen mit diefen heiligen Formen vornahm.

Die Frage, ob die älteften Tempel in der That aus Holz errichtet waren, dürfte nach den hiftorifchen Nachrichten ficher zu bejahen fein; jene, ob in der ausgebildeten Tempel-Architektur noch der Holzbau in feinen Reften erkenntlich fcheine, ift allerdings verfchieden beantwortet worden, und wenn der Verfaffer diefes Auffatzes fie unbedingt bejahen möchte, fo mufs er fich doch mit Andeutungen begnügen, da der Raum zu einer Beweisführung hier nicht gegeben ift, welche doch um fo nothwendiger wäre, als gewichtige Autoritäten anderer Anficht find. Für uns fcheint noch immer der alte Holzbau durch den monumentalen Steinbau hindurch. Nicht in dem Sinne freilich, dafs jede einzelne Form genau an der Stelle, wo fie fich befindet, fo wie fie in der vollendeten, in aller Feinheit durchgebildeten Formenſprache fich giebt, im rohen Holzbau vorhanden gewefen wäre, aber doch in dem Sinne, dafs die dominirenden Theile fchon am Holztempel in äufserlich ähnlicher Weife vorhanden und dort das Ergebnifs der Conſtruction gewefen waren. Vom Holzbau wurden fie eben fo als eine heilige Ueberlieferung in den Steinbau übertragen, wie die Gefammtform des Tempels felbft als eine heilige Ueberlieferung durch alle Zeiten geht, ohne auch nur da zu einer complicirteren Baugruppe fich äufserlich zu geftalten, wo nicht mehr die einfache Cella von der Säulenhalle umgeben war, fondern eine Reihe von Räumen verfchiedener Art und Bedeutung.

Wenn fich auch im Tempelbau die ideale Baukunft concentrirte, fo bot doch das Staatswefen noch eine Reihe von Aufgaben, welche monumentaler Löfung bedurften, fowohl

Befeſtigungsmauern, als Hallen für den öffentlichen Verkehr, Denkmäler für ſiegreiche Wettkämpfer und vieles Andere. Es war insbeſondere die Spätzeit, welche reizende Gebilde lieferte. Es war theilweiſe Aſien, wo das Königthum der alten Zeit ſich auch unter den griechiſchen Stämmen erhalten hatte, und wohin *Alexander*'s Siege die griechiſche Kunſt getragen, theilweiſe ſelbſt Aegypten, wo groſsartige Bauten errichtet wurden. Wer hätte nicht vom Grabmale des Königs *Mauſolus* gehört, in welchem die alt-aſiatiſche Stufen-Pyramide 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 Jehova-Tempel zu Jeruſalem kurz vor dem Auftreten *Chriſti* in griechiſchen Formen erneuert.

Manches conſtructive Element, das aus der alt-aſiatiſchen 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 Formenkreiſe 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 Macedonier aufgehoben; aber ſie hatten der griechiſchen Kunſt Aſien und Aegypten erſchloſſen. Noch weitere Bahnen eröffnete ihr das weltbeherrſchende Rom, welches zwar Griechenland politiſch unterjocht, ſich ſelbſt aber der griechiſchen Cultur 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 Blüthezeit Roms, läſſt in ſeiner Aeneis, die ein in lateiniſcher Sprache geſchriebenes ſpät-griechiſches Gedicht genannt werden kann, *Anchiſes*, der Roms einſtige Gröſse kündet (Aeneis VII, 848—854), ſagen:

»Andere mögen das ſchmelzende Erz in weicheren Formen
»Bilden, ich glaub's, und lebend'ge Geberden dem Marmor enthauen,
»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 Geſetze zu ordnen,
»Unterworfner 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 umfaſſendſter 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 Aſiens vor ihnen errichtet.

Vor Allem waren es die profanen Aufgaben, welche die Baukunſt Roms charakteriſiren, 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, theilweiſe mit

Gewölben überdeckt, eine Entwickelung der conſtructiven Elemente mit ſich brachten, die wiederum die geſammte Formenſprache umgeſtalten muſſte. Zur weſentlichen Ausſtattung der Stadt gehörten die groſsen Bogen, welche theils als Triumphbogen zur Erinnerung an glänzende Siege aufgerichtet wurden, theils 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 Relief-Darſtellungen 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 Todten an, vom beſcheidenſten Steine bis zu jenen groſsartigen Kaiſer-Mauſoleen, die, wie jenes des *Hadrian*, heute noch in ihren Reſten als Engelsburg bekannt, den ägyptiſchen Pyramiden und aſiatiſchen Stufen-Pyramiden 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 v. Chr. feſt geſtellt hatte. Nur die Tempel-Architektur konnte zunächſt noch mit dem Schema auskommen, das ſich ausgebildet hatte, beſonders da die ſogenannte korinthiſche Ordnung Reichthum 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 Gewölbebau, 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 thürmte, 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 Mauermaſſen, denen aber durch Formenfülle Leben gegeben werden ſollte, wurde es nöthig, groſse Pfeiler, aus verhältniſsmäſsig kleinen Quadern geſchichtet, durch Bogen zu verbinden. Um ſie zu gliedern und zu beleben, wurde ſodann das Architekturſyſtem 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 Intercolumnien dem Pfeilerſyſteme leicht angepaſſt werden konnten. Sie wurden dem gemäſs viel weiter, als in der griechiſchen Tempel-Architektur, ſelbſt weiter als die etruskiſchen Verhältniſſe dies geſtattet hatten, der Axenweite der mehrgeſchoſſigen Gebäude angepaſſt. Die Detailformen, mehr auf Effect berechnet, verloren die griechiſche Feinheit; die feine und energiſche Linie des doriſchen Echinus konnte ihre Wirkung nicht mehr hervorbringen; da die ſtarke Verjüngung der Säule mit den lothrechten Linien der Pfeiler in zu grellem Contraſte ſtand, da das Fuſsloſe 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 toscaniſchen nahe brachte. In den höheren Stockwerken waren Brüſtungen zwiſchen den Pfeilern und Bogen nöthig. Dieſe einerſeits, ſo wie die Abſicht andererſeits, die bekleidenden Architekturformen möglichſt leicht, alſo die Säulen möglichſt dünn, das Gebälke möglichſt wenig hoch zu machen, gaben Veranlaſſung, der Säule nicht die ganze Stockwerkshöhe zu geben, ſondern in der Höhe der Brüſtung einen viereckigen Unterſatz (Stylobat) unter dieſelbe zu ſchieben. In ſolcher Geſtaltung bauen ſich ſodann die Stockwerke auf einander, das unterſte durch die modificirte doriſche, das folgende durch die joniſche und das oberſte durch die korinthiſche Ordnung decorirt. Man bezeichnet gewöhnlich dieſes Syſtem als römiſch und ſtellt es dem griechiſchen gegenüber; mit Recht, da ja nicht mehr die Griechen das herrſchende 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 Formenſinne, ſondern in den Eigenthümlichkeiten der Aufgaben begründet iſt. Wir ſehen nicht die Verbindung etruskiſcher und griechiſcher Architektur zu einer ſpecifiſch-römiſchen; wir ſehen nur eine weitere Phaſe der Entwickelung der ſpecifiſch-griechiſchen, oder wenn wir uns anders ausdrücken wollen, der claſſiſchen 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 Entwickelung von der griechiſchen nicht unbeeinflufſt geblieben. Die griechiſche Kunſt ſelbſt hatte ja noch, als ſie nicht mehr ausſchliefslich eine heilige war, als auch profane Aufgaben monumental gelöst werden ſollten, die im kunſtloſen Profanbau ſicher ſtets geübten aſiatiſchen Conſtructionsweiſen in der eigenen Heimath 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 gedrungen, ſollten neben den groſsartigen Nützlichkeitsbauten auch Luxusbauten errichtet werden, um den dort wohnenden Römern das Leben angenehm zu machen und die Eingeborenen römiſcher Cultur zuzuwenden. Je mehr nun, wie dies in Italien und in den griechiſchen und aſiatiſchen Provinzen der Fall war, griechiſche Künſtler zu Gebote ſtanden, um ſo mehr nähert ſich die Formenbildung auch im Einzelnen den griechiſchen Werken der älteren Zeit. Wo aber aufser den Legionen, die dort die Herrſchaft behaupten mufſten, keine anderen Werkleute zur Verfügung ſtanden, als ungeſchulte, den Monumentalbau nicht kennende einheimiſche Barbaren, wenn dort Bauwerke errichtet wurden, die nicht nur zur Vertheidigung der Colonien dienten, ſondern auch der Prunkliebe Roms Ausdruck geben ſollten, ſo mufſte dabei oft auf griechiſche Feinheit verzichtet und nur in den Hauptlinien das römiſche Syſtem copirt 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 mufſte vorübergehen. Der Glanz und die vielen Elemente, welche durch die Weltherrſchaft an Rom gekettet wurden, mufſten zu ſeinem Sinken beitragen. Je mehr aber dieſes ſank, um ſo mehr gewann der Orient an Bedeutung. Es entſtanden in Aſien Bauten von vorher ungeahnter Groſsartigkeit, deren Formenkreiſe unter dem Einfluſſe altheimiſcher Traditionen in das Phantaſtiſche und Regelloſe ausarteten und die claſſiſche Reinheit der alt-griechiſchen Formenwelt gänzlich verleugneten. Als die antik-heidniſche Cultur 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 Pilaſter und Säulen da; Gebäudetheile erſcheinen aus einander geriſſen, da nur die Anfänge von Giebeln u. dergl. vorhanden ſind und runde Thurmbauten zwiſchen dieſelben geſchoben erſcheinen. Die Kapitelle verlieren ihre claſſiſche Form. Es ſind nur Klötze, an denen Vorſprünge annähernd die Kapitellform nachbilden. Die ſorgfältige Technik, welche in den erſten drei Jahrhunderten des Kaiſerreiches ſich allenthalben bewährt hatte, liefs in ſpäterer Zeit gleichfalls nach; man benutzte ſelbſt ungleichmäfsige Bruchſtücke älterer Gebäude, um neue eilfertig aufzuführen. Als *Conſtantin* die Reſidenz aus der alten Hauptſtadt nach Byzanz verlegte, war für Rom die Zeit der profanen Prachtbauten vorüber.

XVIII.

Eine neue grofsartige Aufgabe erwuchs aber der Baukunft in diefer Spätzeit des römifchen Reiches, als *Conftantin* das Chriftenthum als Staatsreligion anerkannt hatte, das bis dahin verborgen, öfter verfolgt, feinen Cultus in unterirdifchen Räumen gefeiert hatte. Wenn auch mitunter lange geduldet, hatte es nie die Mittel zur Entfaltung eines Pompes, zur Errichtung gröfserer Gebäude gehabt. Man hatte fich in den Häufern wohlhabender Gemeindemitglieder, nur ausnahmsweife in eigens dazu errichteten Gebäuden verfammelt. Diefe mögen fchon damals den Bafiliken ihre Geftalt entlehnt haben. Es find wohl Refte einzelner Gebäude erhalten, welche man als chriftliche Kirchenbauten aus der Zeit vor *Conftantin* anzufehen geneigt ift, die jedoch zu unbedeutend find, als dafs ihnen eine befondere Charakteriftik eigen wäre. Es find in den Katakomben einzelne Theile aus der Zeit vor *Conftantin* nachweisbar; aber fie zeigen nichts, woraus fich entnehmen liefse, dafs die Chriften auch nur verfucht hätten, eine eigenthümliche Kunft oder eine befondere Bauweife für fich auszubilden. So konnte auch diefe Abficht nicht hervortreten, als die Mächtigen der Erde das Chriftenthum angenommen hatten. Die neue Aufgabe, welche der Baukunft erwachfen, wurde auf die gleiche Weife und im felben Geifte zu löfen verfucht, in welchem man bis dahin alle übrigen gelöst hatte. Allerdings war es keine Blüthezeit der Kunft mehr, der diefe Löfung zufiel. Es war eine Zeit des Niederganges und des Verfalles, welcher felbft durch einige grofsartige Kirchenbauten nicht verhindert, kaum hinausgefchoben werden konnte. Zwar äufserte fich diefer Niedergang zunächft auf dem formalen Gebiete; der Sinn für feine Architekturformen, für harmonifche Gliederung und Ausftattung fank wie bis dahin fo auch ferner; allein die neue Aufgabe, für welche man nicht blofs eine einzige, fondern gleichzeitig mehrere Löfungen fuchte und fand, gab in conftructiver Beziehung fo viele Anregung, dafs daraus gerade in Verbindung mit der Vernachläffigung des Formalen eigenartige Werke entftanden.

Das Heiligthum follte jetzt zugleich das Haus Gottes und der Verfammlungsraum der gefammten Gemeinde fein und der Altar auf der Grabftätte eines Märtyrers errichtet werden. In der Gemeindekirche follte kein Glied derfelben feine Grabftätte finden; aber man errichtete Altäre in den Gebäuden, welche, altheidnifchen Grabbauten ähnlich, über den Gräbern der Vornehmen errichtet wurden, und fo ward das Grabmal zur Kirche. Während die Bafilika des heidnifchen Rom zeigte, in welcher Weife grofsartige Verfammlungsräume fich conftruiren laffen und wie fomit diefelbe, auch wenn nicht der neuen Gebäudegattung derfelbe Name zugetheilt worden wäre, in conftructiver Beziehung Anhaltspunkte für Herftellung des gröfsten Raumes, des Schiffes, hätte bieten müffen, fo bot das antike Grab in feiner runden, polygonen oder fonft centralen Anlage und feinem kuppelförmigen Aufbaue das Motiv für die zweite Art der Kirchengebäude, welche central angelegt auch fofort monumental gewölbt wurden, während die Bafilika durch eine hölzerne Balkendecke überfpannt war.

Nur nach und nach konnte das Chriftenthum durch feine Morallehre umgeftaltend auf alle gefellfchaftlichen und ftaatlichen Verhältniffe einwirken. Defshalb lag auch keine Veranlaffung vor, fofort auch die übrigen Aufgaben zu verändern, welche die Architektur bis dahin zu löfen hatte, und diefe ging ihren Weg gleichmäfsig abwärts, weil das nun herrfchende Chriftenthum, indem es allenthalben auf den Kern losging, auf die Hebung der formalen Seite der Baukunft nicht hinlenken konnte, während feinen conftructiven Bedürfniffen ohnehin genüge geleiftet war. Der Verlegung der Refidenz von Rom weg nach Conftantinopel folgte der Einbruch der germanifchen Völkerfchaften in Italien, und wenn im Orient griechifcher Geift und griechifche Werkleute noch immer Refte der alten Tradition aufrecht erhielten, fo konnte dies im Abendlande nur noch in immer befchränkterem Mafse der Fall fein. Wohl wendeten fich auch die Herrfcher der germanifchen Stämme, welche Italien zur Heimath erwählt hatten, der trotz des Verfalles noch immer

claſſiſchen Cultur zu; wohl thaten ſie das Möglichſte, Italiens alten Glanz aufrecht zu erhalten. Kein römiſcher Herrſcher hätte für die Erhaltung der antiken Denkmäler beſorgter ſein können, als der Gothe *Theodorich*, und die neue Gothen-Reſidenz Ravenna ſollte an kirchlichen wie an profanen Denkmälern mit Rom und Conſtantinopel wetteifern. Aber Einſicht und Kunſtſinn der Herrſcher konnten den Verfall nicht aufhalten, der durch die Zerſtörung des römiſchen Reiches bedingt war. Je mehr die germaniſchen Stämme ſich in Italien feſt ſetzten, um ſo mehr näherte ſich die einſt ſo groſse claſſiſche Cultur 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 Weltcultur hatte über die Alpen hinaus ihre Aeſte gebreitet und Gallien, ſo wie einen Theil Germaniens romaniſirt. Seit Jahrhunderten mit den Römern in Berührung und im Handelsverkehr, waren ſo ziemlich alle germaniſchen Stämme mit dieſer Cultur mindeſtens bekannt geworden. Als nun die Völkerwanderung die Stämme in Bewegung ſetzte, wurde zwar mit dem Niederwerfen der römiſchen Herrſchaft ein groſser Theil 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, deſshalb nach jeder Zerſtörung wieder aus Schutt und Aſche ſich erheben muſſten, ob Römer oder Gallier, ob Germanen irgend welchen Stammes gerade in jener Gegend ſaſsen. In ihnen blieb ein Reſt der claſſiſchen Cultur zurück. Das Chriſtenthum erſtreckte ſeine Wirkſamkeit nicht nur auf jene germaniſchen Stämme, welche den Boden alt-claſſiſcher Cultur 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 claſſiſchen Cultur überall hin zu verbreiten, und bald ſtanden, ſo weit die Herrſchaft des Chriſtenthums ging, auch im Norden die Völker auf ähnlicher Stufe der Bildung, wie die Italien beherrſchenden germaniſchen Stämme. Wir haben Berichte über die Bauthätigkeit, die in Gallien, am Rhein und an der Donau vom VI. bis zum VIII. Jahrhundert herrſchte. Erhalten ſind uns allerdings kaum wenige Reſte, deren Datirung 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 kaum mehr als ſchwache Abbilder der alten Herrlichkeit in den noch erhaltenen Reſten erkennen.

So auch, als noch einmal vor gänzlichem Erlöſchen das Licht der claſſiſchen Cultur aufflackerte, allerdings nur um erkennen zu laſſen, wie nahe ſie am Erlöſchen war. Wie einſt *Theodorich d. Gr.* ihr neue Dauer geben wollte, ſo wollte *Carl d. Gr.* das römiſche Reich neu aufrichten und der Welt die alte Culturblüthe wieder geben. Seine Reſidenzſtadt Aachen wurde die Bewunderung der Zeitgenoſſen, die ſie als neues Rom ſchildern, zu deſſen Glanze er das alte Rom und, wenn wir Conſtantinopel das zweite nennen wollen, Ravenna, das dritte Rom, plünderte. Trotzdem konnte dieſes vierte Rom nur in der Phantaſie ſchmeichelnder Dichter ſeine Vorgänger an Groſsartigkeit und Glanz erreichen. *Carl* hatte Gallien, Germanien, Italien und einen Theil Spaniens unter ſeinem Scepter vereint, und eine gemeinſame Cultur, von der Kirche getragen, ſollte dieſe Länder zu neuer Blüthe bringen. Die Dauer ſeines Reiches war zu kurz; es zerfiel unter ſeinen Nachfolgern, und die eintretende Schwäche lieſs die Rohheit überhand nehmen. Bald war im Abendlande die Cultur gewiſſermaſsen erloſchen.

Der Orient hatte auch, nachdem der Weſten bereits den Germanen zur Beute gefallen war, die Formen der römiſchen Herrſchaft unter den Conſtantinopel regierenden Kaiſern feſt gehalten. Er hatte auch, ſo lange das Abendland noch leiſtungsfähiger war und eine gemeinſame Kirche beide umſchloſs, gemeinſam an der Entwickelung der Kirchen-

baukunſt mit Italien gearbeitet. Als aber zur politiſchen Trennung auch die kirchliche gekommen war, wurde das Band zerſchnitten. Doch war das byzantiniſche Reich glücklicher als das Abendland; es konnte die Reſte der alten Cultur retten, konnte manche künſtleriſche und techniſche Tradition bewahren; es konnte insbeſondere in der Baukunſt neue Motive entwickeln und ſich über ein halbes Jahrtauſend als Culturreich erhalten, bis der Islam das Reich erobert und das Chriſtenthum unterworfen hatte.

XIX.

Die Grenzen des römiſchen Weltreiches in Aſien waren keine feſten, und jene Gegenden, in denen die alt-aſiatiſche Cultur ihre Hauptſitze aufgeſchlagen, wurden nie ſo dauernd unterjocht, daſs die altheimiſche Bevölkerung gänzlich der claſſiſchen Cultur unterworfen worden wäre. Um das Jahr 600 n. 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 claſſiſchen bald eine ganz eigenthümliche 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, theilweiſe geſtützt auf die Eigenthümlichkeiten der Volksſtämme, in ihnen derart ſelbſtändige einzelne Kunſtſchulen bildeten, daſs die Kunſt des Islam nicht gänzlich als eine einheimiſche da ſteht, ſo viele gemeinſame Charakterzüge auch allen Schulen innewohnen. Wenn aber auch die Aeſte des Baumes verſchiedene Blüthen 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 Civiliſation emporgeſchwungen und in verhältniſsmäſsig kurzer Zeit eine Kunſt entwickelt hatte, die an Phantaſtik und Pracht den Werken der alten Perſer, an Schönheit und Formenvollendung des Einzelnen der Feinheit claſſiſcher 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 Heiligthum, 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 alt-perſiſchen. Nach ſeiner Flucht führte *Mohammed* zu Medina ein Gebäude auf, das dem gemeinſamen Gottesdienſte, ſo wie als Wohnung ſeiner Frauen diente. Der Sage nach ſoll dieſe Moſchee von Palmſtämmen geſtützt geweſen ſein. Als die Araber ſiegreich durch Perſien und Syrien gedrungen waren, eigneten ſie ſich in letzterem Land chriſtliche Kirchen an, theilten ſie ſogar mit den Chriſten; denn auch das Gotteshaus der Araber, die Moſchee, ſollte der Verſammlungsort der Gläubigen zu gemeinſamem Gebete ſein.

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

Doch bald entwickelte ſich eine eigenthümliche Bauweiſe; denn ſchon *Omar* errichtete 638 n. 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 conſtructiven Formen der älteſten Bauwerke giebt ſich ſchon eine Eigenthümlichkeit zu erkennen, welche die arabiſche Kunſt mit der ſpäteſt-claſſiſchen zeigt, die durch Bogen verbundene Säulenſtellung, wobei die ſtarke Ueberhöhung des Bogens ihren Grund

vorzugsweise darin haben mag, dass man antike Säulen und sonstige Bautrümmer von ungleicher, nicht genügender Höhe verwendete. Der phantastische Sinn fand jedenfalls Gefallen an dieser Form, die theilweise 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 zusammenstiefsen. Im Allgemeinen sind es nur wenige, und zwar ziemlich einfache constructive Motive, welche die Kunst des Islam hervorgebracht hat, bei denen aber die Phantastik der Erscheinung vorzugsweise massgebend war und die in Bezug auf die Gesammterscheinung eben so zurücktreten, wie die Detailgliederung gegen den ungeheueren Reichthum einer glänzenden, Alles bedeckenden Ornamentik. Darin zeigt sich der gemeinsame Zug der gesammten mohammedanischen Architektur; so in Bagdad, wo die erste Residenz der Kalifen war; so in Aegypten, Spanien und Sicilien, wie in Indien, in Persien und in Kleinasien, wie in Constantinopel. 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 Reichthum und die Anmuth geometrischer Ornamentik sich auszeichnen. Es ist ein reizendes Formenspiel, aber auch ausschliefslich Spiel. Wie das Märchen ein Phantasiespiel 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 Formenspiel einer Ornamentik, die, weil geometrisch, ohne den Geist zu ermüden, zu fortwährendem Sinnen anregt, die das Auge gefangen nimmt und unter ihrem Banne nöthigt, den nach allen Richtungen sich kreuzenden Linienverschlingungen 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 wiedergiebt, 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 überliefsen, welche ihn zu Falle brachte, so dass er heute sich mühsam da und dort aufrecht erhält, während die ihn verdrängende europäische Cultur seinen Anhängern derartig imponirt, dass sie die allerdings schwachen Reste ihrer eigenen Cultur um Abfälle vom Tische des Abendlandes dahin geben.

XX.

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

Die alt-classische Cultur hatte unter den Carolingern 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 äufseren Bedingungen über den Haufen warf, unter denen allein eine grofse Cultur gedeihen kann. Culturlosigkeit und mit der-

ſelben ſchlimme Leidenſchaften, tief gewurzelte Verderbniſs 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 nur von der Bewohnerſchaft eines beſtimmten Landes, vielmehr von der ganzen, unter germaniſcher Herrſchaft ſtehenden chriſtlich-abendländiſchen Völkerfamilie getragen, wie auch dieſe ganze Familie der Sitz des Uebels 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, theilweiſe wohl auch die überall nahezu gleichmäſsigen Erinnerungen an die alte einheitliche, zuletzt durch die Kirche geheiligte Weltherrſchaft der Imperatoren, deren jüngſte groſse Geſtalt, *Carl*, noch in aller Gedächtniſs ſtand, an die Ordnung, welche deſſen Kraft gegeben hatte, ſo viel Gemeinſames, 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 Culturthätigkeit eine gemeinſame ſein muſſte, ſo weit 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 verſöhnen, Alle auf das jenſeitige Leben vorzubereiten, vertreten durch eine Prieſterſchaft, welche in geordneter Gliederung die Lehre des Heils geben und die Sacramente ſpenden ſollte. Sie zu ſchützen und zu ſtützen, ſollte die weltliche Macht eben ſo gegliedert da ſtehen, das Schwert führen, wo es nöthig ſchiene, um das Recht zu ſchirmen, 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 eben ſo wenig 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 feſt ſtand, das mehr gefühlt und empfunden, als ſyſtematiſch definirt wurde, das aber von Eigennutz, Herrſchſucht und anderen menſchlichen Leidenſchaften bei Seite geſchoben wurde, ſo oft es denſelben unbequem war, das für immer zu vertheidigen keine Macht kräftig genug war, weil es eben nicht die Natur des Menſchen, ſondern nur deſſen gute Seiten als beſtehend annahm.

Da germaniſche Stämme die Welt beherrſchten, ſo ſtand naturgemäſs das rein germaniſche Deutſchland an deren Spitze: aber, wenn es auch Repräſentant der herrſchenden Weltidee, wenn es als politiſche Hauptmacht Europas anerkannt war, ſo konnte ihm doch die weltliche Herrſchaft nicht ungetheilt zufallen; trotz allen Ringens der Kaiſer konnte das Staatsleben Europas ſich nicht zu jenem feſt geſchloſſenen Syſteme abrunden, wie es die Kirche entwickelt hatte, die herrſchend als unveränderliche Einheit da ſtand, ſo ſehr auch die einzelnen Individuen verſuchen mochten, in ihrem Widerſtreite das Syſtem durch rückſichtsloſe Geltendmachung ihrer Intereſſen zu erſchüttern.

Spricht ſich in dieſem Ideale der Ordnung aller Zuſtände vor Allem die Sehnſucht nach innerlicher Ruhe aus, ſo muſſte daſſelbe auch auf die Architektur Einfluſs üben. Die Kirche, welcher ja die Pflege der Cultur zufiel, war es, die als Trägerin derſelben der Baukunſt die Aufgaben ſtellte, und aus deren Klöſtern, dem Sitz künſtleriſcher und wiſſenſchaftlicher Thätigkeit, die Baumeiſter und Werkleute hervorgingen, ſo daſs die Baukunſt

einen ſpecifiſch mönchiſchen 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 claſſiſche Boden, wie ihn Italien darſtellte, das noch immer mit den Denkmälern einer groſsen Vergangenheit angefüllt war, das mindeſtens einige Traditionen der antiken Technik bewahrt hatte. Deſshalb ſind auch die Bauwerke, welche die ſächſiſchen Kaiſer errichten, klein in den Dimenſionen, befangen in der Durchbildung, und erſt mit dem XI. Jahrhundert hatte ſich die Kunſtübung ſo weit entwickelt, daſs der Bau jener majeſtätiſchen Dome ermöglicht werden konnte, welche, wie der zu Speier, dem erwähnten Ideale körperlichen Ausdruck gaben und für die Tauſende von kleineren Bauten bis zum Schluſſe des XII. Jahrhundertes das Vorbild abgaben. Anknüpfend an das Schema der chriſtlich-claſſiſchen Baſiliken, zeigen ſie ein dreiſchiffiges Langhaus, durch Pfeiler- oder Säulenreihen getrennt, mit höher aufſteigendem Mittelſchiff. Meiſt, gleich wie in der früheren Periode, mit hölzernen Decken, theilweiſe aber auch ſchon im XI. Jahrhundert 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-claſſiſchen Baſilika in mannigfaltigſter Weiſe aus und verbinden die Anlage mehrerer Thürme und Kuppelbauten mit dem Hauptbau der Kirche.

Majeſtätiſche Ruhe lagert auf dieſen groſsartigen Baudenkmälern; 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 Theile, 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 Thürme, welche aus der Maſſe herausſteigen, haben nur nebenbei den materiellen 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 Häuſermeer der Stadt und die Thürme der Mauern herrſchende Erſcheinung geben.

So feſt das Band war, welches die Kirche als Trägerin der Cultur um alle Völker geſchlungen, die ihr angehörten, ſo war doch ähnlich, wie bei den Völkern des Islam, auch hier noch Raum für die Entwickelung der beſonderen Charaktereigenthümlichkeiten, die ſich auch in der Architektur wiederſpiegelten. In Italien hatten neben der Charaktereigenthümlichkeit der Reſt der antiken Technik und das vorzügliche Baumaterial auf eine reichere decorative Ausſtattung hingewirkt; die britiſchen Inſeln hatten einen Zug energiſcher Phantaſtik ihrer Architektur beigemengt. In Spanien lebte das Chriſtenthum im Kampfe mit den Mauren und muſſte deſshalb 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 Gemüther als ein neues Ideal aus, das auch in Frankreich Boden gewann, wo man den Kampf gegen die Ungläubigen aus nächſter Nähe theilnehmend verfolgte.

Mehr als in Deutſchland hatte auf dem ganzen Gebiete des heutigen Frankreichs die römiſche Civiliſation feſte Wurzeln geſchlagen. Zwar hatten auch hier die germaniſchen Völker feſten Fuſs gefaſſt und die Bevölkerung mit ihrem Elemente durchdrungen; aber der celtiſche Stamm bildete immer den Kern des Miſchvolks, und die antiken Traditionen erhielten ſich hier, getragen von der celtiſchen Bevölkerung, welche längſt durch und durch römiſch geworden war, länger lebendig, als ſelbſt in Italien. So war Frankreich eigentlich ſchon nach dem Tode *Carls d. Gr.* der Mittelpunkt der Civiliſation, 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, ſo viel Macht und Beſitz erkämpfen wollte, als ſein gutes Schwert ihm errang, die Cultur 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 Claſſen ſie in der früheren Periode bei ſich aufgenommen hatten. Aber auch die gröfsere Beweglichkeit des Volkscharakters drängte dahin, eine fortgeſetzte lebendigere Entwickelung 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, entwickelt ſich auf franzöſiſchem Boden, aber nicht jene einheitliche harmoniſche Ruhe, wie ſolche die deutſchen Bauten auszeichnet. Der Volkscharakter hatte jenes grofse Ideal, welches wir als Ideal der Zeit bezeichnet haben, in Frankreich nicht ſo tief in das Bewufſtſein des ganzen Volkes eindringen laſſen. Frankreich rang noch nach einem Ideal und fand daſſelbe gleich Spanien im Kampfe zur Ehre Gottes. Frankreich wurde der Sitz des ritterlichen Geiſtes. Dieſer Geiſt drängte, von Frankreich ausgehend, das geſammte 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 dafs ſie gröfsere ſich hier hätten erkämpfen können, um dem Drange nach Abenteuern zu genügen, um durch perſönlichen Muth 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 Thätigkeit und Kampf gegenüber ſtellte, und die Kreuzzüge waren es, die den Franzoſen und dem Geiſte derſelben die Oberhand gaben und dieſe unbeſtritten an die Spitze der Cultur 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 würdigen Spiele, und die Sitte der Zeit verlangte nicht blofs Muth und Kraft, ſondern auch Grofsmuth, Edelſinn und Frömmigkeit als innerliche Eigenſchaften, Feinheit des Benehmens, Artigkeit gegen die Damen, geweckten Sinn für die ſchönen Künſte, mit einem Worte, feine Bildung als äufserliche Eigenſchaften des Ritters.

Auch die Ritterlichkeit, welche als veredelter weltlicher Sinn zu betrachten iſt, hatte ihren Entwickelungsgang durchzumachen, bis ſie ſich zu dem erhoben hatte, was ſie zur Zeit ihrer Blüthe war. Dieſelbe Entwickelung zeigt auch die franzöſiſche Architektur im Gegenſatze zur deutſchen. Letztere hatte ſchon im Beginne der Periode ihr Ziel klar vor Augen; jene grofse 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 neben einander, individuell ſich geltend machend, wie der Sinn und die Neigungen der Menſchen. Nach und nach erſt gewinnt die Architektur an organiſchem Verſtändniſs; nach und nach nimmt der Sinn für organiſche Durchbildung, für rationelle Conſtruction, für Reichthum und Zierlichkeit der Gliederung, Reichthum 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 Rohheit zur Ritterlichkeit hinzuführen. Nach und nach aber hatte unter ihrem Einfluſſe die Laienwelt jene geiſtige Kraft in ſich aufgenommen, dafs 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 Conſtructionsſyſtem der romaniſchen Kirchenbauten war ein ſehr einfaches. Wenn auch verſchieden von der Antike, hatte es doch ähnliche Grundprincipien. 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. Jahrhundertes die Ueberwölbung der Hauptſchiffe nach dem Syſteme 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 hinüber zu leiten, die ohne Schaden durch Strebepfeiler verſtärkt werden konnte. Dieſer eingreifende conſtructive Gedanke regte zu weiter gehenden conſtructiven 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 unter dem Namen des gothiſchen bezeichnet wird und der in der erſten Hälfte des XIII. Jahrhundertes zu einer ſolch glänzenden Entfaltung gelangte, daſs er bald allenthalben den romaniſchen verdrängte. Es war ein bis in das äuſserſte complicirtes Conſtructionsſyſtem, 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 Conſtruction jede Schwierigkeit überwinden könne. Dieſe conſtructive Thätigkeit brachte eine ſolche Menge neuer Motive und Elemente in die Architektur, daſs in der That ein neuer Stil ſich ausbildete, welcher nicht mehr als eine fortgeſetzte Entwickelungsſtufe des früheren bezeichnet werden kann, ein Beiſpiel, welches in der Geſchichte bis dahin nicht vorhanden war und nur deſshalb 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 Culturideal der Träger geweſen war, und wohl, wenn ſeine Entwickelung zu einem gewiſſen Punkte gediehen war, zu Grunde gehen, nicht aber ſein Ideal ändern konnte.

Allerdings bedurfte es faſt eines Jahrhundertes, 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 ſocialen Verhältniſſen kaum Anderes, als daſs ſie verfeinernd auf die Umgangsformen wirkte. Eben ſo wirkte die reiche Formenentwickelung der franzöſiſchen Architektur zunächſt auf gröſseren Reichthum in der Gliederung, die Fülle der Kleinconſtructionen auf Complicirung der conſtructiven Elemente des deutſchen Stils. Es entſtand ein Uebergangsſtil, welcher, ohne irgend Weſentliches an der Geſammtanlage der Baugruppe zu ändern, die Einzelheiten ganz im Sinne des franzöſiſchen Stils umgeſtaltete. Mit der zweiten Hälfte des XIII. Jahrhundertes eroberte ſich der franzöſiſche Stil erſt die deutſchen Lande; mit dem Schluſſe war er herrſchend, der frühere deutſche hatte aufgehört. Aber das ganze Conſtructionsſyſtem war nicht nur ausgebildet, es hatte auch bereits ein vollkommenes Formenſyſtem entwickelt, als der Stil zu uns kam. Dieſes Formenſyſtem nun fand in Deutſch-

land einen günſtigen Boden. Es wurde hier, losgelöst von der urſprünglichen conſtructiven Idee, in rein geometriſche, harmoniſche Verhältniſſe gebracht, d. h. nach »Zirkels Kunſt und Gerechtigkeit« ausgebildet zu einem ſchönen Formenſyſteme, einem Schulſyſteme, welches in der That ideal, d. h. edel, harmoniſch und von feinſter 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 Entwickelung der franzöſiſchen Frühgothik entzückt.

Das Schulſyſtem der deutſchen Gothik hat faſt die formvollendete, feine Schönheit des griechiſchen Formenſyſtems erreicht. Aber es konnte ſie nicht lange feſt halten. Die Feſtſtellung der Formenſprache bis ins Einzelne war das abſtracte Werk irgend eines oder mehrerer begabter Meiſter; aber jeder andere Meiſter konnte eine andere Theorie für Harmonie und Linienſchönheit 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. Jahrhundertes bei aller Schulgerechtigkeit eine ſtaunenswerthe 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, weſshalb denn Fialen und Wimperge bloſs aus geraden Linien conſtruirt werden müſſten, um ſchön zu ſein, warum man ſie nicht auch krumm machen ſolle. Die Fiale war lediglich ein Stück Decoration, das den Zweck hatte, das damit geſchmückte Werk zu beleben, nicht mehr ein Conſtructionstheil, wie in der franzöſiſchen Frühgothik. Sollte ſie das nicht in noch viel höherem Maſse thun, wenn ſie ſtatt gerade zu ſtehen, ſich dreimal um ſich ſelbſt oder um ihre Nachbarin drehte? So war es mit allen Theilen; es war der gröſsten Formenwillkür die Thür geöffnet; allerdings nicht einer Willkür, die jeder Einzelne in anderer Weiſe ausbeutete, ſondern einer ſolchen, welche nur immer ſchulmäſsig feſt geſtellt wurde, da bei der äuſseren Organiſation der Bauhütten 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. Jahrhundertes gebrochen war, wuſſte die Schule im XV. Jahrhundert Alles einzuführen, was eine ſelbſt mehr als gute Laune erſinnen konnte. Es kam dadurch in der That Leben herein; friſch und fröhlich ſprudelte hier kecker Humor; dort ſpreizte ſich die Philiſtroſität 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 Conſtruction thatſächlich wirkenden phyſiſchen Kräfte gemeint, die in den Eigenſchaften des Baumaterials und in den Naturgeſetzen, vorzugsweiſe der Schwere, begründet ſind, deren Widerſtand durch die Conſtruction 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 deſshalb auch in ſeiner Weiſe charakteriſtiſch war, wenn ſchon die Richtung nicht mehr in der Hervorkehrung der Conſtruction und Darſtellung der in derſelben wirkenden Kräfte das Schönheitsideal fand. Trotz der Ausartung ſind dieſe Werke bezeichnend für den deutſchen Volksgeiſt jener Zeit. Sie repräſentiren das Bürgerthum 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 kirch-

lichen Geiſtes, die frühgothiſche Frankreichs als den ritterlichen Geiſtes bezeichnet haben, ſo iſt in der deutſchen Architektur des XIV. und XV. Jahrhundertes 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 Entwickelung des Formenſyſtems vollzog; aber längſt ſollten auch andere Aufgaben in monumentaler Weiſe gelöst werden. Wohnhäuſer und Rathhäuſer, Schlöſſer und Paläſte mit Hallen, Sälen und Gängen boten Veranlaſſung zu wirklich neuen Conſtructionen 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 Conſtructionsprincip des franzöſiſchen frühgothiſchen Kirchenbaues decorativ weiter entwickelter Zierformen als Schmuckwerk auf den Profanbau zu übertragen, der dann an der ferneren decorativen Entwickelung Antheil nahm und zu immer willkürlicherer Geſtaltung das Seinige beitrug. Nachdem alſo die Formenſprache der Architektur lediglich äuſsere Decoration geworden war, konnte eben ſo gut jede andere Zierform als äuſsere Decoration dem Conſtructionsſyſteme angefügt werden, und als etwa um das Jahr 1500 die deutſchen Maler häufiger Italien beſuchten, fanden ſie dort andere Zierformen, welche ſie zunächſt an decorativen Gebäuden ihrer Gemälde anbrachten, die ſodann auch in den decorativen 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 bethätigt und zu reicher decorativer Formenentwickelung erhoben. Der franzöſiſche Einfluſs konnte vom XIII. Jahrhundert an weder die Hauptanlage, noch das Conſtructionsſyſtem der italieniſchen Baufchule 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 Gothik nicht mit demſelben Rechte, wie die deutſche, als eine Tochter der franzöſiſchen anſehen läſſt. Was aber gothiſch daran war, war ebenfalls bloſs ein decoratives 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 Vorrathe antiker Denkmäler aufgeräumt, und ſo muſſten dieſe naturgemäſs das Auge eben ſo auf ſich ziehen, wie die Reſte der claſſiſchen Literatur, welche nun den Geiſt gefangen nahmen, wie die Rechtsanſchauungen des Alterthums, welche wieder neu belebt wurden, und wie die Philoſophie der Alten, welche der von der Kirche gelehrten gegenüber trat. Der neu erwachende claſſiſche Geiſt hatte naturgemäſs die Wiederbelebung der antiken Kunſt, ſpeciell der Baukunſt, im Gefolge, da nicht mehr die in der Conſtruction wirkenden phyſiſchen Kräfte es waren, welche die Form beſtimmten, ſondern im Volksgeiſte liegende abſtracte, welche ſich in gleichem Sinne, wie auf allen Gebieten des Geiſtes, auf jenem der Baukunſt dadurch äuſserten, daſs ſie den Schönheitsſinn auf analoge Bahnen lenkten und dieſem ein anderes Ideal gaben, als die Hervorkehrung der Conſtruction und die Darſtellung der in derſelben wirkenden Kräfte. Was alſo in Deutſchland und im übrigen Norden zu den Gebilden der ſpäten Gothik 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 Architekturentwickelung Frankreichs das erſte Glied zu bezeichnen, das berechtigt iſt, ſich gothiſch zu nennen, während ſein Vor-

gänger noch romaniſch genannt werden müſſte, eben ſo unmöglich iſt es, in der italieniſchen Architekturentwickelung das erſte Renaiſſance-Bauwerk zu bezeichnen. Reminiscenzen der Antike waren ſtets in der italieniſchen Architekturentwickelung 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. Jahrhundertes in umfaſſenderer Weiſe, als bis dahin, den Reſten der Antike zuwandte.

Von Florenz ausgehend, breitete ſich dieſe neue Auffaſſung im Laufe des XV. Jahrhundertes 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 Compoſitionen für die Geſammtanlage. Sie waren ſich vollauf 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 combinirten Räumen der verſchiedenartigſten Conſtruction auszunutzen, je nach des Meiſters Neigung hohe weite Kuppelräume oder lang geſtreckte Perſpectiven zu conſtruiren. Wenn das Mittelalter, ſpeciell die Gothik, ſich gewiſſe praktiſche Ideale geſchaffen hatte, in der jede einzelne Schule nicht blofs 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 Raumgruppirungen erinnern an die lebendige Bewegung in der Periode des claſſiſch-chriſtlichen Alterthums, als man zuerſt danach ſtrebte, Ideale für den Kirchenbau zu erringen. Auch ſonſt haben die Werke des XV. Jahrhundertes mit jenen mancherlei gemein, ſo auſser der individuellen Freiheit das lebendige Gefühl für zwar einfache, aber doch wirkſame Gruppirung, 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 Contouren für ſchöne Verhältniſſe, endlich das Gefühl für eine verſtändige, leichte Conſtruction. Man nennt gemeinhin ſolche Conſtructionen, wie ſie die italieniſchen Baumeiſter im Schluſſe des XV. Jahrhundertes anwandten, »kühn«. Dieſer Ausdruck iſt gänzlich falſch und würde ein bedenkliches Lob ſein. Für eine thatſächlich kühne, d. h. eine auch nur an ein Wagniſs anſtreifende Conſtruction würde ſich wohl jeder Bauherr mit Recht bedanken und dem Baumeiſter unverantwortlichen Leichtſinn vorwerfen; anders aber verhält es ſich mit einer Conſtruction von bewuſſter Leichtigkeit, bei welcher der Meiſter nicht mehr Maſſen anwendet, als eben nöthig ſind, und der Conſtruction nur dort Stärke giebt, wo ſie deren wirklich bedarf. Und gerade das thaten die Meiſter dieſer Periode. Neben groſser Freiheit in der Geſammtcompoſition, genialer Mannigfaltigkeit der Anlagen und ſinnreicher Conſtruction 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 Entwickelung fanden die nordiſchen Künſtler die italieniſche Bauweiſe und übertrugen die decorativen Elemente derſelben in die Heimath, wo ſie, ohne die Hauptdispoſition der Gebäude, ohne deren conſtructive Durchbildung im mindeſten zu ändern, an Stelle des gothiſchen Formenapparates geſetzt wurden und ſo eigenthümlich 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. Jahrhundertes vor Allem darauf aus, mehr Energie und Kraft an Stelle der zarten Anmuth zu setzen, und mit dem Schlusse des XVI. Jahrhundertes 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 Theils aussprach, hatte sie zu einem Gesammtkörper des Baues geführt, der jede Charakteristik der einzelnen Theile 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. Jahrhundertes war während dieses Vorganges der mächtigste Kirchenbau entstanden, der St. Peters-Dom zu Rom. Verschiedene Entwürfe drängten sich; jeder folgende Meister änderte die Pläne des vorhergehenden ab, bis in der Mitte des XVII. Jahrhundertes der Bau beendet war. Der Hauptheil der grossartigen Anlage, die Kuppel, ist das Werk des gewaltigsten Künstlers des XVI. Jahrhundertes, *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. Jahrhundertes nicht mehr einen blos 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 Capellenreihen zu beiden Seiten, kurzen tonnengewölbten Kreuzarmen und Chor mit einer Apside und mächtigem Kuppelbau über der Vierung, eine Anlage, welche im Aeusseren durch eine zweithürmige Façade abgeschlossen wurde. Diese praktische Anlage war während des ganzen XVII. und XVIII. Jahrhundertes herrschend. Es war damit in der That 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 Pilasterstellungen ein emporstrebendes Element. Der einheitliche Raum des Schiffes gestattete die bewusste Theilnahme an dem Opfer, welches auf dem Altare, den Jeder sehen konnte, dargebracht wurde, so wie das Sammeln einer grossen Menge um den Predigtstuhl. In den Seitencapellen 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 hinzuthat, einen fast ans Verwirrende streifenden, mächtigen Eindruck machen; aber auch das von oben einfallende Licht der Kuppel und die Beleuchtung der einzelnen Capellen, wie des Hauptschiffes, des Querschiffes und Chors, liessen sich bei diesem Kirchenschema 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 Beleuchtungseffecte hervorgebrachten mystischen 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 herwogten und einstimmten in die Jubelhymnen, welche die Musik durch die Hallen fast berauschend ertönen liess, während die Wolken des Weihrauchs sich erhoben.

So weit auch die Entwickelung im Kirchenbau ging, kann doch derselbe auch in dieser Zeit nicht als der eigentliche Träger der Architekturentwickelung 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 Façadenbau im Aeuſseren, als die Geſtaltung der Höfe und der verſchiedenartigſten Innenräume ſyſtematiſch durchzubilden. Am Palaſtbau, welcher der Ausdruck der Macht, wie der Wohlhabenheit und höheren Bildung ſeiner Beſitzer war, bildete ſich vor Allem jener energiſche und kräftige Architektur aus, die auch auf den Kirchenbau übertragen wurde, die wir unter dem Namen Barock-Stil kennen, und welcher beſonders durch die Hauptmeiſter des XVII. Jahrhundertes getragen wurde. Seinen eigenthümlichſten Ausdruck erhielt er durch die Einführung ſchwerfälliger geſchwungener Formen, welche nicht nur den Ausdruck jedes tektoniſchen Gedankens verleugneten, ſondern direct entgegengeſetzte Grundgedanken ſimulirten.

Dieſe Richtung fand ihren Weg durch die ganze gebildete Welt, welche nunmehr erreicht hatte, was dem Ideal des Mittelalters verſagt blieb: eine geiſtige Einheit auf Grundlage einer allgemeinen, von gleichem Geiſte getragenen Bildung und doch einen Zwieſpalt, weil allerdings nur der kleinere Theil 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 Decoration entfaltete ſich eine zwar ſchwächlich leichte, aber doch phantaſtiſche Formenwelt, welche, weil der Fläche angehörig, ſich wenig aus ihr heraushob und darum im Gegenſatz zu der barocken Kraft nirgends über die Geſammterſcheinung herrſchte, ſo daſs ſie trotz des oft unendlichen Reichthums nicht einmal deren Nüchternheit bezwang. Allerdings trat dieſe Formenwelt auch nur ſelten am Aeuſseren der Gebäude auf, ſie beherrſchte vorzugsweiſe das Innere der Räume, wo ſie jedes Geſetz bei Seite ſchob, weil ſie ſich lediglich als Decoration 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 verwiſchte 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 Reminiscenzen 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 Täuſchung, 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 anmuthigen Täuſchung durchs Leben zu helfen. Aber Liebenswürdigkeit, Feinheit und Empfindung kann man jenen künſtlichen Schäferkreiſen ſo wenig abſprechen, als ihren Decorationsformen. 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 Anmuth in ſich trägt, die allein künſtlicher Schein geben kann. So verleugnete ſie in der Architektur die Berechtigung auch nur irgend welcher tektoniſcher Grundbedingungen, und, ſo weit nicht die Gewohnheit zur Beibehaltung einiger Reſte

des architektonischen Formenapparates drängte, liefs sie all das vollständig formlos, wie es die Theatercouliſſe von rückwärts ist, was nicht zu einer Unterlage für ihre täuschende Decoration diente.

Jene Ernüchterung, die um die Mitte des Jahrhundertes in den Formen des Aeufseren eintrat, macht sich auch bald nach derselben in der Decoration geltend; das unsymmetrische Rococo fängt zu schwinden an und läfst in der Decoration 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 mufste er auch wieder architektonische Formen und architektonische Gliederung anstreben. Zu den barocken Gebilden liefs 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 Ueberreste der Rococo-Decoration auch nur in decorativem Sinne eingefügt wurden. Der Name des zusammengewundenen 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 Cäsarenthums die Welt beherrschten, wurde, dem Original ungefähr eben so ähnlich, wie jene dem ihrigen, auch der Formenapparat jener antiker Zeiten wieder belebt.

XXIV.

Die Reaction gegen das Abbild des antiken Cäsarenthums brachte den Jahrhunderte langen Entwickelungsgang der alten Cultur da zu einem gewaltsamen Abschlusse, wo eine weitere gedeihliche Entwickelung ohnehin unmöglich geworden war, nachdem die Revolution die unausweichliche Folge des Entwickelungsganges gewesen, welchen alle Verhältnisse genommen hatten, die nothwendige 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 Dagewesenen neue Staatenverhältnisse, neue Religionen, neue Verhältnisse der Einzelnen zum Staate und zur Religion bilden; die Verhältnisse der Gesellschaftsclassen sollten in ganz neuer Weise geordnet werden. Andere sahen in dieser oder jener Periode der Geschichte ihr Ideal erreicht und wollten dieselbe so weit als immer möglich, vielleicht sogar gänzlich wieder beleben. Kaum ein Land oder Volk der Vorzeit, kaum irgend eine 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 unbestritten herrschen, wie in allen grofsen Culturperioden, so dafs 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 Culturzustände in greifbaren Formen zur Darstellung brachte, wird auch sie wieder in neuen einheitlichen Formen neuen Culturverhältnissen Ausdruck geben? Werden es nationale sein, werden sie über die Grenzen der Nationen hinweg der gesammten civilisirten Welt angehören? Was wird die Grundlage dieser neuen Architektur bilden, welche Aufgabe wird sie zu lösen haben? Einstweilen gehen alle denkbaren Richtungen neben einander her, seit erst die griechischen Bauformen als Reaction gegen jene dem kaiserlichen Rom entnommenen

auftraten, dann die Romantiker, unter ſich ſelbſt ſich befehdend, die verſchiedenen Perioden des Mittelalters theilweiſe als Anknüpfungspunkte hervorſuchten, theilweiſe ſich deren gänzliche Wiederbelebung zur Aufgabe machten, ſeit dann auch die Renaiſſance in den verſchiedenen Stadien ihrer Entwickelung von den Anhängern als allein berechtigt geprieſen wurde, ſeit auch der Barock-Stil, Rococo 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 Jahrhundertes aufgetaucht ſind, ſtehen heute noch auf dem Platze, ohne daſs eine einzige im Stande geweſen wäre, die übrigen zurückzudrängen, noch auch daſs ſie vermocht hätte, ganz auf dem Standpunkte zu bleiben, welchen jeder dieſer Bauſtile zur Zeit ſeiner Blüthe oder ſelbſt während der ganzen Dauer ſeiner Entwickelung eingenommen. Nur zu Einem haben ſie uns geführt, zu gründlichem Erforſchen aller Perioden der Architekturgeſchichte. Aber die tauſendfältigen neuen Aufgaben, welche ſich aus der Entwickelung, die unſere Cultur genommen, ergeben haben, konnten nicht mit einem einzigen Formenſchema allein gelöst werden. Muſſten doch ſelbſt neue Baumaterialien geſucht und künſtlich geſchaffen werden. Das Conſtructionsweſen muſſte eingehend ſtudirt und weit gehend entwickelt werden, und ſo ſtehen wir heute auf dem Standpunkte, daſs in einer Reihe von Bauwerken dieſe Factoren allein maſsgebend ſind, theilweiſe unter Verwendung der Formen irgend eines hiſtoriſchen Bauſtils, ſo weit ſolche eben paſſen, und mehr oder weniger glücklicher Weiterentwickelung derſelben, theilweiſe unter vollſtändiger Verleugnung irgend eines beſtimmten Formenſyſtems und Vernachläſſigung der Formenbildung bis zur vollen Verwilderung.

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

Deſshalb muſſten auch bis jetzt alle Verſuche ſcheitern, einen neuen Stil zu bilden, alle zu unbefriedigenden Reſultaten führen, die darauf ausgehen, einen der hiſtoriſchen Stile nach ſubjectiven 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 hiſtoriſchen Stil ſich glücklicher erwieſen, als das Taſten und Suchen, und nur jene Schöpfungen haben über den Augenblick hinaus dauernde Beachtung finden können, welche, auf volles Verſtändniſs eines Stils gegründet, dieſen mit Bewuſſtſein und Sicherheit zu handhaben verſtanden.

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

Literatur.

Um das weite Gebiet zu überſchauen, welches ſich heute den Studien des Architekten eröffnet, iſt eine gründliche Kenntniſs der Literatur unerläſslich. Das »Handbuch der Architektur« will auch dafür einen Wegweiſer bieten, weſshalb die Redaction jeder Abtheilung, bezw. jedem Abſchnitt, Kapitel etc. nicht bloſs einen Nachweis über die benutzten Quellen anfügen, ſondern auch auf andere, den gleichen Gegenſtand behandelnde Werke aufmerkſam machen will, ſelbſt wenn ſie ganz entgegengeſetzter Anſchauung ihren Urſprung verdanken. Der »Einleitung« müſſte nun allerdings eine vollſtändige Ueberſicht der geſammten Literatur über »Theorie und Geſchichte der Kunſt« angefügt werden. Da indeſs im II. Theile (Hiſtoriſche und techniſche Entwickelung der Bauſtile) des vorliegenden »Handbuches« jene Literaturangaben Aufnahme finden werden, die ſich auf den geſchichtlichen Theil der Architektur und der Kunſt überhaupt beziehen, ſo konnte an dieſer Stelle auf die Literatur über »Geſchichte der Kunſt« verzichtet werden. Da es ferner zu weit gehen würde, alle in der Zeitſchriften-Literatur zerſtreut niedergelegten kleineren Aufſätze über »Theorie und Aeſthetik der Kunſt« anzuführen, ſo glaubt die Redaction auf die Nennung nachſtehender Werke ſich beſchränken zu können.

1) Bücher über »Theorie und Aeſthetik der Baukunſt«.

Schelling, F. W. J. Ueber das Verhältniſs der bildenden Künſte zu der Natur. Landshut 1808. — Neue Ausgabe: Berlin 1843.

Müller, E. Geſchichte der Theorie der Kunſt bei den Alten. Breslau 1834—37.

Hübsch, H. Die Architektur und ihr Verhältniſs zur heutigen Malerei und Sculptur. Stuttgart 1847.

Vischer, F. Th. Aeſthetik oder Wiſſenſchaft des Schönen etc. III. Theil, 2. Abſchn., 1. Heft: Die Baukunſt. Stuttgart 1852.

Unger, F. W. Die bildende Kunſt. Aeſthetiſche Betrachtungen über Architektur, Sculptur und Malerei. Göttingen 1858.

Levy, E. *Étude philoſophique ſur l'architecture.* Brüſſel 1859.

Lasaulx, F. v. Philoſophie der ſchönen Künſte, Architektur, Sculptur etc. München 1860.

Semper, G. Der Stil in den techniſchen und tektoniſchen Künſten oder praktiſche Aeſthetik. Frankfurt a. M. u. München 1860—63. — 2. Aufl. Lief. 1—8: 1878—79 (unvollendet).

Carrière, M. Die Kunſt im Zuſammenhang der Culturentwickelung und die Ideale der Menſchheit. Leipzig 1863—74. — 3. Aufl. 1877—86.

Heyer, R. Das Syſtem der Culturgeſchichte des Menſchen, im Beſonderen das Syſtem ihrer tektoniſchen Form und der Bauſtil der Gegenwart. Stettin 1864.

Riegel, H. Grundriſs der bildenden Künſte. Eine allgemeine Kunſtlehre. Hannover 1865. — 3. Aufl. 1875.

Schasler, M. Aeſthetik als Philoſophie des Schönen und der Kunſt. Berlin 1871—72.

Dippel, J. Handbuch der Aeſthetik und der Geſchichte der bildenden Künſte. 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 hiſtoriſcher und äſthetiſcher Grundlage. Hannover. Erſcheint ſeit 1881.

Göller, A. Zur Aeſthetik der Architektur etc. Stuttgart 1887.

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. Schleussenburg, 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.

3) Wörterbücher und Gloſſarien.

A gloſſary of terms uſed in Grecian, Roman, Italian and Gothic architecture. London u. Oxford 1836. — 5. Aufl.: London 1851.
Ehrenberg, C. v. Bau-Lexikon. Frankfurt a. M. 1854.
Mothes, O. Illuſtrirtes 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.

Handbuch der Architektur.

I. Theil.

Allgemeine Hochbaukunde.

> Die technische Stilgerechtigkeit eines Werkes ist zunächst abhängig von den natürlichen Eigenschaften des Rohstoffes, der zu behandeln ist, und die derjenige genau kennen muss, der entweder selbst aus demselben ein technisches Werk hervorbringen will oder den Producenten Anleitung, Vorschrift und Muster dafür vorzubereiten berufen ist . . .
>
> . . . Die Schwerkraft und die Resistenz der Materie gegen dieselbe sind die nächsten hier wirksamen Potenzen; es ist klar, dass die letzteren an Thätigkeit wachsen, je mehr die Last zunimmt . . .
>
> . . . Wer den Zwang der Säulenordnungen abwirft, muss sich dafür einen andern Kanon schaffen oder Charakter und subjectiven Ausdruck in der Baukunst geradezu verleugnen, ihr nur das Recht allgemein typischen Inhaltes zuerkennen. Wer keinerlei Fesseln kennt, dessen Kunst zerfährt 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 Haupttheilen — »Baustile« — »Hochbau-Constructionen« — »Entwerfen, Anlage und Einrichtung der Gebäude« — ein allgemeiner Theil vorangehen, der diejenigen Gebiete behandeln soll, welche, als den genannten drei Theilen gemeinsam, denselben vorauszuschicken 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 Bautheilen während der uns bekannten Culturepochen erhalten hat. Hiernach ergab sich die Trennung der »Allgemeinen Hochbaukunde« in die drei Abtheilungen:

Die Technik der wichtigeren Baustoffe.
Die Statik der Hochbau-Constructionen.
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 eigenthümliche Vereinigung von ziemlich verschiedenartigen Gegenständen zur Erscheinung gebracht ist. Ausser dem bautechnischen Theile werden einzelne Partien aus der Mineralogie und Geognosie, aus der reinen und angewandten Chemie, aus der mechanischen Technologie, zum Theile auch aus der Botanik, aus der Metallurgie etc. herübergenommen; auf diese Weise ist der Umfang der Baumaterialienkunde in kaum mehr einzuschränkender Weise im Wachsen begriffen, und ihr äusseres Gepräge ist ein wenig ausgesprochenes 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, so wie anderen Hilfswissenschaften angehört. Wo es irgend möglich war, haben wir uns auf den bautechnischen Theil beschränkt und deshalb auch den Titel »Technik der Baustoffe« gewählt.

Wir glaubten zu diefem Verfahren um fo mehr berechtigt zu fein, als ja auf anderen bautechnifchen Fachgebieten in ganz ähnlicher Weife — nicht nur von uns, fondern ziemlich allgemein — vorgegangen wird. Mathematik und Naturwiffenfchaften, fo wie die übrigen Hilfswiffenfchaften werden als bekannt vorausgefetzt und nur fo viel davon herangezogen, als zum Verftändnifs erforderlich ift.

In der »Statik der Hochbau-Conftructionen« glauben wir die »Elemente der Lehre von der Elafticität und Feftigkeit« vorausfchicken zu follen, nicht als ob wir die beftehenden vortrefflichen Werke von *Clebfch, Grashof, Ott, Winkler* etc. für nicht ausreichend hielten, vielmehr defshalb, weil diefe Schriften theils ganz andere, theils viel weiter gehende Ziele verfolgen. Wir haben uns fowohl in den »Elementen der Feftigkeitslehre«, als auch in der eigentlichen »Statik« auf die dem Architekten am häufigften vorkommenden Fälle befchränkt, dagegen durch Literaturangaben die weitere Erkenntnifs diefer Wiffenfchaft anzubahnen und zu vermitteln gefucht. Weiters glaubten wir es nicht unterlaffen zu follen, neben dem analytifchen auch die graphifchen Verfahren aufzunehmen; dem Architekten, der ftets Lineal und Cirkel zur Hand hat, wird hiermit ein um fo mehr willkommener Dienft erwiefen worden fein, als wir die geometrifchen Verfahren in folcher Weife eingeführt haben, dafs keinerlei graphoftatifche Vorkenntniffe vorausgefetzt wurden.

Die »Bauformen« follen in erfter Reihe die Geftalt und Bezeichnung der einzelnen Bautheile in fyftematifcher Weife, an die Haupt-Stilepochen fich anlehnend, vorführen. Ohne diefe Abtheilung wären in den folgenden drei Theilen des gegenwärtigen »Handbuches« Weitläufigkeiten und Wiederholungen nicht zu umgehen gewefen; ja es hätte nicht ausbleiben können, dafs gewiffe Themata an Stellen hätten behandelt werden müffen, wo dies nur in gezwungener Weife ftatthaft gewefen wäre.

Wenn hiernach unfere »Bauformenlehre« auch an die Stelle eines einfchlägigen »Gloffariums« treten kann, fo hat fie doch vor diefem die ftreng wiffenfchaftlich-fyftematifche und ftiliftifche Behandlungsweife voraus und kann vor Allem, indem fie überall von feft ftehenden äfthetifchen Grundfätzen ausgeht, den formalen und fachlichen Zufammenhang wahren.

Indefs hat die in Rede ftehende Abtheilung noch den weiteren Zweck zu erfüllen, eine wefentliche Ergänzung des II. Theiles, der »Bauftile« zu bilden. Wird auch in den letzteren an der Hand der »hiftorifch-technifchen Entwickelung« von einer Stilepoche auf die andere übergegangen, die eine als aus den Vorläufern hervorgegangen dargeftellt werden, fo wird es doch an einer unmittelbaren Nebeneinanderftellung der Bauformen verfchiedener Zeitalter fehlen müffen. In diefem Sinne wird die dritte Abtheilung des vorliegenden Theiles als »vergleichende Formenlehre« auftreten und als folche die oben gedachte Aufgabe erfüllen.

Den vorhin genannten drei Abtheilungen wurde die »Bauführung« als vierte Abtheilung angefügt.

Handbuch der Architektur.

I. Theil:

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

ERSTE ABTHEILUNG.

DIE TECHNIK

DER WICHTIGEREN BAUSTOFFE.

Die Bauſtoffe im Allgemeinen.

Von Hans Hauenschild.

1. Der Bauſtoff.

Die Architektur braucht zur Verkörperung des ihren Werken zu Grunde liegenden ſchöpferiſchen Gedankens den Stoff. Viel mehr, als die übrigen Künſte iſt ſie davon abhängig; eben ſo ſehr wie die techniſchen Künſte, zu denen ſie ihrem Urſprunge nach gehört, iſt ſie daran gebunden. Gleich ihr ſind die techniſchen Künſte aus den erſten Lebensbedürfniſſen des Menſchen hervorgegangen, ſomit auch den Anforderungen des Zweckes, der Bildſamkeit des Stoffes und, in ihrer formalen Entwickelung und künſtleriſchen Geſtaltung, denſelben Grundgeſetzen des Stils unterworfen, wie die Architektur. Dieſe hat ſich mit den techniſchen Künſten entfaltet, und unter dem befruchtenden Einfluſs derſelben auf das Werden der architektoniſchen Grundformen 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 Künſten auszeichnet.

Wenn indeſs 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 Conſtruction 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 Entwickelung der Bauſtile nicht ohne Einfluſs geblieben. Thatſächlich bezeichnen auch ſtets jene Epochen die höchſte Blüthe eines Bauſtils, in denen der Auswahl der Materialien die gröſste Sorgfalt zugewendet wurde. Schon die Pyramiden und Tempel Aegyptens, die Bauwerke Griechenlands geben Zeugniſs 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 geſchah unter Aufſicht eigener Präfecten, und für die richtige Mörtelbereitung ſorgten eigene Aedilen und Cenſoren. 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 verwenden [1]).

1) Viollet-le-Duc, E. E. *Dictionnaire raiſonné de l'architecture françaiſe etc.* 2. Aufl. Band 8. Paris 1866. S. 113.

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 Conſtruction iſt. Bald ſind es Weichheit und Bildſamkeit (Plaſticität) des Stoffes, die Fähigkeit zu erhärten und die gegebene Form in erhärtetem Zuſtande unveränderlich zu behalten, welche die Verwendbarkeit für einzelne Structurtheile des Baues bedingen. Für andere Bautheile ſind es wiederum das langfaſerige Gefüge, die leichte Spaltbarkeit, das geringe Gewicht, verbunden mit bedeutender Elaſticität 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 unerſetzlich machen.

Neben dieſen Anforderungen an die Bauſtoffe iſt es aber auch ihr Verhalten gegen die Einwirkungen der Zeit, gegen Luft, Waſſer und Feuer, deren Berückſichtigung beim Bauen von groſser Wichtigkeit iſt; endlich ſind es die Eigenſchaften theils äuſserer Art, theils von innerem Werth, nämlich Schönheit der Structur 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, in ſo weit ſie ſeinen Zwecken dienen, genau kennt und entſprechend dieſen Eigenſchaften ihnen im Bauwerke die richtige Stelle anweist. Derjenige aber iſt ein ſchlechter Baumeiſter, welcher in vornehmer Nichtachtung des niedrigen Stoffes die Wahl deſſelben dem ausführenden Handwerk überläſſt, oder in dem Beſtreben, das Bauwerk, das vor ſeinem geiſtigen Auge längſt fertig iſt, verkörpert vor ſich zu ſehen, den nächſtbeſten Bauſtein, der zu haben iſt, nimmt, um aus Unkenntniſs von deſſen Eigenſchaften vielleicht kurz nachher recht bittere Erfahrungen damit machen zu müſſen. Und nur in der vollſtändigen Kenntniſs der Bauſtoffe, in der geſchickten Ausnutzung ihrer Charaktereigenthümlichkeiten liegen das Geheimniſs und der Reiz, welche auch einem einfachen Bedürfniſsbau den Stempel der Kunſt aufdrücken. Wie ſelten geſchieht es, daſs dem ſchaffenden Meiſter alle Mittel zu Gebote ſtehen, um den künſtleriſchen Gedanken unbeſchränkt zur Durchführung bringen zu können! Um ſo werthvoller erweist ſich dann die genaue Kenntniſs jener Bauſtoffe, die an die Stelle des vornehmen Materials treten müſſen; um ſo leichter wird die Wahl, wenn der Architekt nicht nur die ſtatiſchen, techniſchen und äſthetiſchen Eigenſchaften der Bauſtoffe im Allgemeinen, ſondern auch im Beſonderen die der eben zu Gebote ſtehenden Materialien kennt, wenn Fundorte und Bezugsquellen ihm geläufig ſind.

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

So lange man aber den Zuſammenhang aller dieſer Eigenſchaften unter ſich nicht kennt, ſo lange können auch Beobachtungen einzelner Eigenſchaften allein nicht ausreichen, um das Verhalten des Materials verſchiedenen Verwendungsarten oder Beanſpruchungsweiſen gegenüber beurtheilen zu können.

Thatſächlich ſtehen Härte, Feſtigkeit, Elaſticität und Dauerhaftigkeit unter einander in einer noch nicht erkannten functionellen Abhängigkeit; es ſcheint, daſs ſie zuſammen in unmittelbarer Abhängigkeit von der chemiſchen und phyſikaliſchen Zuſammenſetzung des betreffenden Materials ſtehen, daſs jedoch die Molecular-Structur von einem ſehr groſsen Einfluſs darauf iſt; denn im einzelnen Falle können auf was immer für eine Art ſtattfindende oder eintretende Nebenurſachen in den obgenannten Eigenſchaften ſolche Aenderungen hervorrufen, daſs eine abſolute Abhängigkeit zwiſchen chemiſch-phyſikaliſchen und mechaniſch-techniſchen Eigenſchaften nicht nachgewieſen werden kann. Deſshalb iſt die erſte Aufgabe jeder Materialprüfung die als Theſe 7 der 1. Münchener Conferenz[2]) ausgeſprochene: »Die Materialien ſollen auf diejenige Feſtigkeit, reſp. auf diejenigen mechaniſchen Eigenſchaften geprüft werden, auf welche ſie bei ihrer Verwendung ſtatiſch beanſprucht werden.«

3. Prüfungsanſtalten.

Die Feſtſtellung derjenigen mechaniſchen 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.

Die Prüfungsanſtalten müſſen mit der nöthigen Autorität ausgerüſtet ſein, damit Private und Behörden unbedingtes Vertrauen in die richtige und gewiſſenhafte Entſcheidung derſelben ſetzen können. Sie müſſen daher von ſpeciellen Fachmännern geleitet werden, die, ausgerüſtet mit den nöthigen Hilfsmitteln und ſich gegenſeitig ergänzend und fördernd, die Qualität der Materialien nach einheitlichen Geſichtspunkten feſt ſetzen, mit Rückſicht auf den jeweiligen Verwendungszweck, bei Lieferungen das Einhalten der geforderten Eigenſchaften controliren und bei Streitigkeiten ein maſsgebendes und entſcheidendes Urtheil abgeben.

Dieſe Prüfungsanſtalten müſſen daher ſtaatlich autoriſirte oder unmittelbare Staatsanſtalten ſein, wie ſolche ſchon bei den Römern beſtanden haben und wie ſie für Maſs und Gewicht, für Edelmetalle und Spirituoſen etc. ohnedies ſchon beſtehen.

4. Verſuchs-Stationen.

Die Unterſuchung jedoch des Zuſammenhanges und der Abhängigkeit der verſchiedenen mechaniſch-techniſchen Eigenſchaften der Materialien unter einander und von einander, ſo wie 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 Verſuchs-Stationen. Dieſe haben ſonach gleichzeitig die Feſtſtellung und Controle der Prüfungsmethoden und Werthbeſtimmungen 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 Verſuchs-Stationen.

Aus dem Zuſammenwirken beider Arten von Anſtalten und der Praxis der

2) Siehe: Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der k. techniſchen Hochſchule in München von J. Bauschinger. Heft 14. München 1886. S. 15.

Producenten und Conſumenten von Bauſtoffen ergeben ſich in naturgemäſser Weiſe allgemein giltige einheitliche Beſtimmungen über die Anforderungen, welche für verſchiedene Beanſpruchungen an die einzelnen Gruppen der Bauſtoffe zu ſtellen ſind; es entſtehen einheitliche Claſſification, einheitliche Lieferungsbedingungen und einheitliche Prüfungs-Normen.

5. Conferenzen über einheitliche Unterſuchungsmethoden.

Eine Hauptbedingung, welche alle Prüfungsanſtalten und alle Materialprüfungen erfüllen müſſen, wenn ſie Werth beſitzen ſollen, iſt, daſs die Ergebniſſe der Prüfungen unter einander vergleichbar und controlirbar 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. Die Nothwendigkeit der Erfüllung dieſer Bedingung hat denn auch bereits 1884 dazu geführt, daſs auf Anregung *Bauſchinger*'s eine internationale Conferenz zur Feſtſtellung einheitlicher Unterſuchungsmethoden bei der Prüfung von Bau- und Conſtructions-Materialien auf ihre mechaniſchen Eigenſchaften zuſammentrat, die von Fachmännern der verſchiedenſten techniſchen Berufskreiſe beſucht war und ſich bereits damals über eine Reihe wichtiger Fragen einigte.

Aus dieſer Conferenz ging die Wahl einer ſtändigen Commiſſion zur Bearbeitung der noch unerledigten Fragen hervor, die 1885 abermals in München tagte. 1886 folgte die Conferenz in Dresden, 1888 diejenige in Berlin und die letzte 1893 in Wien. Die nächſte Conferenz ſoll 1895 in Zürich ſtattfinden [3]).

Die Ergebniſſe der Conferenzen, deren Mitglieder die Vorſtände der meiſten öffentlichen Prüfungsanſtalten und Verſuchs-Stationen, ferner die hervorragendſten Vertreter ſtädtiſcher Baubehörden, Eiſenbahnen und der Stein-, Cement-, Eiſen- und Metall-Induſtrie ſind, haben erſt die Prüfungstechnik der Bauſtoffe in ein einheitliches Syſtem gebracht und beſitzen einen nun deutlich zu Tage tretenden internationalen Charakter, da gegenwärtig an den Arbeiten der zwiſchen je zwei Conferenzen beſtehenden ſtändigen Commiſſion ſich Deutſchland, Oeſterreich-Ungarn, die Schweiz, Ruſsland, Frankreich, Holland, Italien und Nordamerika betheiligen.

6. Allgemeine Conferenz-Beſchlüſſe.

Wir werden dieſe auſserordentlich werthvollen und umfaſſenden Ergebniſſe bei den einzelnen Kapiteln der Beurtheilungs-Methode der Qualität zu Grunde legen, führen dagegen hier ſchon das für alle Bau- und Conſtructions-Materialien Gemeinſame im Auszuge an [4]).

Allgemeine Conferenz-Beſtimmungen.

1) Jede zur techniſchen Prüfung von Materialien benutzte Maſchine muſs ſo eingerichtet ſein, daſs ſie leicht und ſicher auf ihre Richtigkeit geprüft werden kann.

Die Conſtruction derſelben muſs eine derartige ſein, daſs bei richtiger Behandlung ſtoſsweiſe Wirkung der Belaſtung thunlichſt ausgeſchloſſen iſt. Dieſe Eigenſchaft kommt ſowohl den mit hydrauliſchem Druck, als auch den mit Schraube wirkenden Maſchinen zu.

Für praktiſche Zwecke iſt eine beſondere Vorrichtung, welche die Maſchine ſelbſtthätig wirkend macht, nicht nothwendig.

2) Eine gute Einſpannvorrichtung muſs ſo beſchaffen ſein, daſs der Zug oder Druck möglichſt gleichförmig über den Querſchnitt des Verſuchsſtückes vertheilt wird.

---

3) Auch in anderen Staaten ſind ähnliche Beſtrebungen zu beobachten. So wurde u. A. in Frankreich durch Verfügung des Präſidenten der Republik vom 9. November 1891 eine *Commiſſion des méthodes d'eſſai des matériaux de conſtruction*, beſtehend aus 114 Mitgliedern, gebildet.

4) Beſchlüſſe der Conferenzen zu München, Dresden, Berlin und Wien über einheitliche Unterſuchungsmethoden bei der Prüfung von Bau- und Conſtructions-Materialien auf ihre mechaniſchen Eigenſchaften. Zuſammengeſtellt von J. Bauschinger. München 1893.

3) Ein einheitlicher Apparat zur Vornahme von Feſtigkeitsverſuchen für die tägliche Praxis kann nicht empfohlen werden; dagegen iſt anzuerkennen, daſs eine Reihe der bekannten Apparate ihrem ſpeciellen Zwecke mehr oder weniger entſprechen.

4) Den von den Prüfenden hinauszugebenden Reſultaten ſind diejenigen Angaben über die gebrauchten Maſchinen und angewandten Prüfungsmethoden in möglichſt kurzer Faſſung beizufügen, welche zur Beurtheilung des Werthes der Verſuchsergebniſſe nothwendig ſind.

5) Den Verſuchsergebniſſen ſollen immer, wenn irgend möglich, auſser der Angabe der Herkunft des Probeſtückes ein mikroſkopiſcher oder chemiſcher Befund oder Beides, endlich Angaben über die Entſtehung des Probeſtückes und ſonſtige etwa gleichfalls feſt ſtehende phyſikaliſche, chemiſche oder techniſche Merkmale gegenüber geſtellt werden.

6) Die Materialien ſollen auf diejenige Feſtigkeit erprobt werden, auf welche ſie bei ihrer Verwendung ſtatiſch beanſprucht ſind.

7) Solche Materialien, welche bei ihrer Verwendung durch Stöſse beanſprucht werden, ſind zur vollſtändigen Feſtſtellung ihrer Beſchaffenheit auch durch Schlagproben zu prüfen.

8) Die Schlagproben ſollen mittels eines Normal-Schlagwerkes ausgeführt werden.

7. Eintheilung.

Die Bauſtoffe werden entweder als nothwendige Hauptbeſtandtheile der Bauwerke, als Conſtructions-Materialien angewendet, finden wenigſtens ihre hauptſächlichſte und wichtigſte Anwendung als ſolche, oder ſie dienen dazu, um den fertigen Conſtructionen zum Schutze oder zur Zierde zu dienen, ſie zu ergänzen oder auszubauen; es ſind dies die Materialien des Ausbaues. Aus der Natur der verſchiedenartigen Bauſtoffe ergiebt ſich übrigens von ſelbſt, daſs eine ſtrenge Scheidung nach der Seite der Conſtruction oder des Ausbaues nicht angeht, daſs vielmehr ſämmtliche Conſtructionsmaterialien zugleich dem Ausbau dienen können, und daſs manche Materialien des Ausbaues auch Beſtandtheile von raumbegrenzenden Conſtructionen werden können, je nachdem der Begriff der Conſtruction 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 Bauſchule. 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 Ingenieure, 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 Verwendung 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. 2. Band. Braunſchweig 1874. Hochbau. S. 309. Steinwaaren. S. 404. Thonwaaren. 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 Landesausſtellung 1883. 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: Baumaterialien. Zürich 1884.

The building materials of America. Builder, Bd. 46, S. 923.

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. Bandes 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. Deutſch-Krone 1891.

Literatur

über »Materialprüfung« und »Vorrichtungen für Materialprüfung« [5]).

Kirkaldy. *Reſults of an experimental inquiry into the comparative tenſile ſtrength and other properties of various kinds wrought-iron and ſteel.* London 1862.

Wöhler. Ueber die Feſtigkeitsverſuche von Eiſen und Stahl. Berlin 1870.

Jenny, K. Feſtigkeitsverſuche und die dabei verwendeten Maſchinen und Apparate. Wien 1878.

Pichler, M. v. Die Materialprüfungs-Maſchinen der Pariſer Weltausſtellung im Jahre 1878. Leipzig 1879.

Berndt. Ueber Materialprüfung. Mitth. d. Sächſ. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 59.

Barba. *Étude ſur la réſiſtance des matériaux. Expériences à la traction.* Paris 1880.

Schuster. Ueber eine neue Material-Prüfungsmaſchine. Wochſchr. d. öſt Ing.- u. Arch.-Ver. 1880, S. 201.

Verticale Feſtigkeits-Prüfungs-Maſchine von 25000 kg Kraftäuſerung. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1881, S. 675.

Maſchine zur Unterſuchung des Widerſtandes von Bruchſteinen. Maſchinenb. 1881, S. 39.

Wedding, W. Die Wedding'ſche Maſchine für Feſtigkeits-Verſuche in der Königlichen mechaniſch-techniſchen Verſuchs-Anſtalt in Berlin. Verh. d. Ver. zur Bef. d. Gwbfl. in Preuſsen 1881, S. 206.

Maſchine zur Prüfung der Elaſticität und Feſtigkeit von Eiſen und Stahl. Organ f. d. Fortſchr. d. Eiſenbahnw. 1881, S. 112.

Die Feſtigkeitsprobirmaſchine von *Pohlmeyer*. Stahl und Eiſen 1881, S. 236.

Williamson, Th. *Fifty-ton teſting machines. Engineer*, Bd. 51, S. 389.

Kennedy's Feſtigkeits-Prüfungsmaſchine. Nach *Engineer:* Maſchinenb. 1881, S. 268.

Material-Prüfungsmaſchine von *Heinr. Thomaſſet* in Paris. *Iron*, Bd. 19, S. 361; *Engineer*, Bd. 51, S. 41; Polyt. Journ., Bd. 246, S. 127.

[5]) Die Literatur über Prüfung der Mörtel und ihrer Grundſtoffe iſt hier nicht aufgenommen; dieſelbe iſt in Kap. 3 zu finden.

Werder, L. Maſchine zum Prüfen der Feſtigkeit der Materialien, ausgeführt von der Maſchinen-Actien-Geſellſchaft Nürnberg, vormals *Klett & Comp.*, und Inſtrumente zum Meſſen der Geſtalts-Veränderung des Probekörpers, conſtruirt von *J. Bauſchinger*, ausgeführt im mechaniſch-techniſchen Laboratorium der k. techniſchen Hochſchule in München. München 1882.

Williamſon's Feſtigkeitsprobirmaſchine. Polyt. Journ., Bd. 244, S. 41.

Ueber neuere Materialprüfungsmaſchinen. Polyt. Journ., Bd. 245, S. 16.

Apparat zur Beſtimmung der Druckfeſtigkeit von Materialien. Polyt. Journ., Bd. 246, S. 316.

Mohr & Federhaff. Material-Prüfungsmaſchine der Mannheimer Maſchinenfabrik. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1882, S. 545.

Material-Probirmaſchine von 50000 Kilogramm Stärke. Glaser's Annalen. f. Gwbe. u. Bauw. Bd. 10, S. 8.

Werder's Maſchine zum Prüfen der Feſtigkeit der Materialien. Glaser's Annalen f. Gwbe. u. Bauw. Bd. 10, S. 13.

Thomaſſet's teſting machinery. Iron, Bd. 19, S. 361.

Wicksteed, J. H. *On a ſingle-lever teſting machine. Engineer*, Bd. 54, S. 117.

Improved teſting machine. Scientific American, Bd. 46, S. 115.

Fifty-ton teſting machine for railroad materials. Railroad gazette, Bd. 14, S. 328.

Fairbanks' groſser Feſtigkeitsprüfer. Techniker, Jahrg. 5, S. 257.

Maſchine zur Prüfung der Feſtigkeit von Materialien (Conſtruction *Ludwig Werder*), ausgeführt von der Maſchinenbau-Actien-Geſellſchaft Nürnberg, vormals *Klett & Co.* Prakt. Maſch.-Conſtr. 1883, S. 237, 245.

The Werder teſting machine. Engng., Bd. 35, S. 530.

The Emery teſting machine. Engng., Bd. 36, S. 147.

Olſen's new teſting machines. Iron, Bd. 22, S. 349.

Olschewsky, W. Ueber die Prüfung von Baumaterialien. Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1883, S. 154, 162, 173, 179, 186; 1884, S. 10.

Hackney. *On forms of teſt-pieces.* London 1884.

Werder's Feſtigkeits-Prüfungsmaſchine. Skizzenbuch f. Ing. u. Maſch. 1884, Bl. 3, 4.

Die Materialprüfungs-Maſchine nach *Mohr's* Patent. Annalen f. Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 141.

Einheitliche Methoden zur Prüfung von Bau- und Konſtruktions-Materialien. Deutſche Bauz. 1884, S. 475, 487, 497, 519, 528, 564.

Hilbig, H. Ueber Feſtigkeitsunterſuchungen von Hauſteinen. Rigaſche Ind.-Ztg. 1884, S. 121.

Fairbanks & Cie. *Machine à eſſayer les métaux à la traction avecenr egiſtreur électrique. Portef. économ. des machines* 1884, S. 143.

Bailey's teſting apparatus. Engineer, Bd. 57, S. 221.

E. Kircheis' Bruchfeſtigkeit-Prüfungswage für Probeſtäbe von beſtimmter Länge und rundem Querſchnitte. Polyt. Journ., Bd. 258, S. 255.

Wickſteed's teſting machine. Engineer, Bd. 59, S. 356.

Pfaff. Ueber Maſchinen zur Unterſuchung der Feſtigkeit der Materialien. Mitth. d. technolog. Gwbe.-Muſeums zu Wien 1885, Heft 7.

Hansen, W. Beſchreibung eines Materialprüfungsapparates und einiger mit demſelben ausgeführter Verſuche. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1886, S. 125.

Martens, A. Ueber neuere Feſtigkeitsprüfungsmaſchinen. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1886, S. 171.

Bruchfeſtigkeits-Prüfungswaage von *Erdmann Kircheis.* Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1886, S. 197.

Feſtigkeits-Probirmaſchine von *H. & L. Le Chatelier.* Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1886, S. 404.

Bruchfeſtigkeits-Prüfungswaage für Guſseiſen. Patent *Erdmann Kircheis.* Prakt. Maſch.-Conſtr. 1886, S. 366.

Kircheis, E. Bruchfeſtigkeits-Prüfungswaage. Maſchinenb. 1886, S. 385.

Machine à eſſayer les métaux à la traction, de l'»Union Bridge Co.«, de Athens. Portef. économ. des machines 1886, S. 156.

Deniſon's patent teſting machine. Engineer, Bd. 61, S. 214.

Einheitliche Unterſuchungs-Methoden bei der Prüfung von Bau- und Conſtructions-Materialien auf ihre mechaniſchen Eigenſchaften. Civiling. 1887, S. 395.

Materialprüfungsmaſchine Syſtem *Pfaff.* Maſchinenb. 1887, S. 343.

Machines à eſſayer les métaux. Génie civil, Bd. 12, S. 5, 21.

600-ton teſting machine. Engng., Bd. 43, S. 413.

Unwin, W. C. *The teſting of materials of conſtruction etc.* London 1888.

Appareil pour l'eſſai des matériaux à la traction et à la compreſſion. Syſtème Buignet. Nouv. annales de la conſt. 1888, S. 23.

Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften in vier Bänden. Bd. 4, Abth. III, Lief. 5: Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung. Von M. RUDELOFF. Leipzig 1889.

Ueber Prüfungsmaſchinen für Metalle. Polyt. Journ., Bd. 272, S. 481.

MERRILL, G. P. *On the teſting of building ſtone. American architect*, Bd. 25, S. 75.

Machines pour les eſſais de matériaux de conſtruction. La ſemaine des conſt., Jahrg. 14, S. 556.

KIRSCH, B. Ueber techniſche Materialprüfungen und deren genaueſte Hilfsmittel, insbeſondere über *Emery's* Prüfungsmaſchinen. Wochſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 127, 137.

RUDELOFF. Neuere Materialprüfungsmaſchinen. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1891, S. 1370.

Feſtigkeits-Prüfungsmaſchine von der Elſäſsiſchen Maſchinenbau-Geſellſchaft, Grafenſtaden. Prakt. Maſch.-Conſtr., Jahrg. 24, S. 59.

Ueber Prüfungsmaſchinen für Metalle. Polyt. Journ., Bd. 285, S. 169.

Apparate und Maſchinen zur Prüfung von Baumaterialien. GLASER's Annalen f. Gwbe. u. Bauw., Bd. 33, S. 10.

Ferner:

Mittheilungen aus den königl. techniſchen Verſuchsanſtalten zu Berlin. Red. von H. WEDDING. Berlin. Erſcheint ſeit 1883.

Mittheilungen der Anſtalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidg. Polytechnikum in Zürich. Erſcheint heftweiſe ſeit 1884.

Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der k. techniſchen Hochſchule in München. München. Erſcheint heftweiſe ſeit 1885.

1. Abſchnitt.

Conſtructionsmaterialien.

1. Kapitel.

Stein.

Von Hans Hauenschild.

a) Allgemeines.

8. Eigenſchaften.

Stein iſt nebſt Holz das älteſte der Conſtructionsmaterialien, das natürlichſte und weit verbreitetſte, welches alle Bedingungen eines guten Bauſtoffes in ſich vereinigt und deſshalb 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 Bauſtile 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 bedeutſam verkörpert.

Die Verwendbarkeit des Steines als Bauſtoff hat ſich ſo naturnothwendig aufgedrängt, daſs man zu allen Zeiten und an allen Orten, wo feſte Niederlaſſungen entſtanden ſind und die Cultur aufgeblüht hat, 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 gleich kommen, deſto werthvoller 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, von der Homogenität nach allen Richtungen ab, ſteht daher bei gleicher mineralogiſcher Zuſammenſetzung und gleichem Bindemittel im umgekehrten Verhältniſs zur Poroſität. Es wäre indeſs verkehrt, eine unmittelbare Beziehung von Eigengewicht und Feſtigkeit deſshalb als geſetzmäſsig anzuſehen, ſelbſt bei Geſteinen gleicher mineralogiſcher Beſchaffenheit und gleicher Herkunft. Die Verſuche von *Böhme*[6]) haben dargethan, daſs Kalkſteine und Sandſteine von derſelben Art und demſelben Eigengewichte nicht nur auſserordentlich verſchiedene Feſtigkeiten beſitzen können, ſondern daſs auch nicht ſelten die Feſtigkeit ſpecifiſch leichterer Kalk- und Sandſteine gröſser iſt, als die von Steinen gleicher Art mit ſpecifiſch 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 feſt geſtellt; ferner bedingt auch bei einfachen Geſteinen kryſtalliniſcher Structur der Spaltbarkeitsunterſchied der einzelnen Elemente nach verſchiedenen Richtungen verſchiedene Cohäſionsgrade. Auch ſind die einzelnen Geſteinselemente ſtets faſt ganz regellos gelagert; die Bruch-Reſultante wird dadurch noch complicirter, um ſo mehr bei gemengten Geſteinen aus verſchieden feſten und verſchieden ſpaltbaren Elementen. Bei ſedimentären und beſonders bei klaſtiſchen Geſteinen, alſo bei Kalkſtein, 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 Vertheilung bewirken die oben erwähnten Unterſchiede.

Die Unterſchiede in der Feſtigkeit ſind deſshalb naturgemäſs gröſser bei ſolchen Geſteinen, deren Geſteinselemente Kryſtalle 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 Sicherheits-Coefficienten erlaubt, und thatſächlich iſt der übliche, ziemlich hohe Sicherheitsgrad auch aus der von der Natur der Steine abhängigen Art der Verbindung zu Conſtructionen, welche häufig wenig ſcharf ausgeführt wird, wenigſtens im Allgemeinen gerechtfertigt. Wir werden ſpäter die Feſtigkeitsangaben bekannterer Bauſteinſorten bringen.

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 Theilchen oder gegen Spaltung durch Schneiden oder Spitzen, entweder unter bloſsem Drucke oder unter Stoſsdruck. Von einer ſcharfen Elaſticitätsgrenze iſt aus den oben angeführten Gründen als einer geſetzmäſsigen Function 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 — eine Eigenthümlichkeit, welche *Bauſchinger* zuerſt gefunden und Verfaſſer bei Zugproben mit Cement vollſtändig beſtätigt geſehen hat.

[6]) Ueber das Verhältniſs zwiſchen der Druckfeſtigkeit und dem ſpecifiſchen Gewicht von Bruchſteinen. Deutſche Bauz. 1882, S. 353.

10. Zugfeſtigkeit.

Auf Zugfeſtigkeit werden die Bauſteine in den Hochbau-Conſtructionen nur ſehr ſelten unmittelbar beanſprucht; deſshalb iſt ſie bisher auch nur von wenigen Steinſorten beſtimmt worden, obwohl ſie mittelbar eine nicht geringe Zahl von Aufſchlüſſen über Zähigkeits- und Elaſticitätsverhältniſſe, ſo wie über die Schwankungen der Cohäſion 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 geſetzmäſsigen Verhältniſs der Zugfeſtigkeit zur Druckfeſtigkeit kann daher im Allgemeinen wohl nicht die Rede ſein.

Für verſchiedene Geſteinsſorten ſchwankt dieſes Verhältniſs zwiſchen 1 : 8 und 1 : 37. 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. Waſſerſatte 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[7]) hat auf dieſe Thatſache eine Beſtimmung der Froſtbeſtändigkeit gegründet. Danach iſt ein Stein zerfrierbar, wenn ſeine Zugfeſtigkeit in waſſerſattem Zuſtande geringer iſt, als die Expanſionskraft des in ſeinen Poren im Momente des Gefrierens enthaltenen Waſſers.

Die vom gefrierenden Waſſer entwickelte mechaniſche Arbeit wird von *Braun* auf 33,68 Kilogr.-Meter angegeben. (Vergl. auch Art. 20.)

Die Zugfeſtigkeit iſt aber auch in unmittelbarer Abhängigkeit vom Querſchnitt und von der Form des Probeſtückes, wie *Hartig* an Cementkörpern nachgewieſen hat. Beim Anſtellen von Zugproben, die vergleichbar ſein ſollen, ſind deſshalb einheitlicher Querſchnitt und einheitliche Form nothwendig. Am geeignetſten erſcheint hierzu die bei den Cementprüfungen eingeführte Achtform mit 5 qcm Zerreiſsquerſchnitt. Die Proben werden annähernd doppeltſchwalbenſchwanzförmig zugerichtet und behufs genauer Einſpannung in einer Cementform mit beſtem Portlandcement oder noch beſſer mit *Sorel*'ſchem Magneſia-Cement umgoſſen und nach entſprechender Erhärtung auf dem *Michaëlis*'ſchen Zugfeſtigkeits-Apparat zerriſſen.

Wie verwickelt die Factoren ſind, die auf die Zugfeſtigkeiten einwirken, erhellt aus den nachfolgenden Ergebniſſen.

Bauſchinger fand für Granit 29, Grauwacke 14, Dolomit 17, Muſchelkalk 27, Buntſandſtein 16 und Keuperſandſtein 4 kg für 1 qcm.

Verfaſſer beſtimmte die Zugfeſtigkeiten an Carrara-Marmor zu 56, Oolith von Riva, trocken 11, naſs 7; Savonnières-Kalk, trocken 8,8, naſs 4; Velpker Sandſtein, trocken 21,7, naſs 11; Poſtelwitzer Sandſtein, trocken 6, naſs 3,5; Cottaer Sandſtein, hart, trocken 22,83, naſs 8,13; Ummendorfer Sandſtein, trocken 7,6, naſs 4,7; Miltenberger Sandſtein, trocken 17,2, naſs 10,3 kg für 1 qcm.

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 qcm.

7) Siehe: *Moniteur de la céramique* 1884, Nr. 4.

11. Druckfeſtigkeit.

Oefter 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 richtige Ergebniſſe bei Druckfeſtigkeitsbeſtimmungen erhalten zu können, iſt es nöthig, ſich zu erinnern, daſs eine und dieſelbe Geſteinsſorte aus einem Bruche ſehr verſchiedene Grade der Miſchung und Lagerung der einzelnen Beſtandtheile 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 von weſentlichem Einfluſs auf die Ergebniſſe.

Bauſchinger hat — auf Grundlage von Verſuchen, die er zum Theile mit rechtwinkeligen Parallelepipeden und Cylindern aus Sandſtein, zum Theile mit rechteckigen Cementplatten von gleicher Dicke, aber verſchiedener Länge und Breite angeſtellt hat — folgende Formel für die Abhängigkeit der Druckfeſtigkeit von der Geſtalt des Querſchnittes und der Höhe ſolcher Körper aufgeſtellt:

$$\beta = \sqrt{\frac{\sqrt{F}}{1/4\ U}\left(\lambda + \nu\frac{\sqrt{F}}{h}\right)}.$$

Darin bezeichnet β die Druckfeſtigkeit (Bruchbelaſtung in Kilogr. für 1 qcm des Querſchnittes), F die Fläche (in Quadr.-Centim.) und U den Umfang (in Centim.), h die Höhe des prismatiſchen oder cylindriſchen Probeſtückes (in Centim.), endlich λ und ν Conſtante, die von der Natur des Materials abhängig ſind, welche die Zähigkeit und den Reibungswiderſtand bedeuten und durch Verſuche beſtimmt werden ſollen.

Die Art der zur Verfügung ſtehenden Feſtigkeitsprüfungs-Maſchine und die Ausführung der Verſuche ſelbſt ſind ebenfalls von weſentlichem Einfluſs.

Es entſprach daher wirklich einem Bedürfniſſe, daſs zur Erlangung einheitlicher, allerorts und jederzeit vergleichbarer Ergebniſſe die internationale Conferenz in Dresden für die einheitliche Beſtimmung der Druckfeſtigkeit von Bauſteinen die folgenden Beſchlüſſe gefaſſt hat.

1) Neben der petrographiſchen und geologiſchen Bezeichnung des Steines iſt ſowohl der Bruch als auch die Bank, denen die Proben entnommen wurden, genau anzugeben. Eben ſo 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, ſo fern nicht das Gegentheil verlangt wird, ausdrücklich zu verzichten und dies im Prüfungszeugniſſe auszuſprechen; andererſeits iſt es erwünſcht, augenfällige Unrichtigkeiten in der Bezeichnung der Geſteine durch entſprechende Mittheilung an den Antragſteller zu beſeitigen.

Aehnlicher Weiſe 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 Prüfungszeugniſs etwa der Wortlaut gewählt werden: »Der Angabe nach dem ..... Bruche, ſo wie der ..... Bank entnommen.«

2) Es empfiehlt ſich, daſs die Prüfenden vor Einleitung der Prüfung die vom Einſender beabſichtigte Art der Verwendung (als Bau- oder Hauſteine, als Trottoir-, Schotter- oder Pflaſterſteine) feſt ſtellen und danach, nicht nach dem zufälligen Wortlaut der Beſtellung, die Prüfung vornehmen.

3) Steine, welche als Hauſteine 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 Biegungsverſuche anzuſtellen und zu verwerthen.

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

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

12. Abſcherungs- und Bruchfeſtigkeit, Elaſticität.

Für die Abſcherungsfeſtigkeit gilt daſſelbe, was von der Druck- und Zugfeſtigkeit bezüglich des Einfluſſes der verſchiedenen Factoren geſagt wurde. *Bauſchinger* fand dieſelbe bei Granit zu 81, Grünſtein zu 94, Grauwacke zu 102, Trachyt zu 28, Dolomit zu 76, körnigem Kalkſtein zu 62, Buntſandſtein zu 33, Keuperſandſtein zu 34, Grünſandſtein zu 23 und Backſtein zu 12 kg für 1 qcm.

Ueber die Bruchfeſtigkeit, deren Beſtimmung wegen mangelnder Homogenität und wegen des von Fall zu Fall ſchwankenden Verhältniſſes zwiſchen Druck- und Zugfeſtigkeit wenig Uebereinſtimmung zeigen kann, liegen z. B. die zahlreichen Verſuche bei der Iſar-Brücke in Gifhorn vor, die für Sandſtein 43 bis 114, im Mittel 61 kg für 1 qcm ergaben. Verſuche in Alsfeld mit Baſaltſäulen zeigten 130 bis 294, im Mittel 200 kg für 1 qcm.

Aus der gleichen Urſache iſt die Beſtimmung der Elaſticität bei Bauſteinen eine der ſchwierigſten und in den ſeltenſten Fällen übereinſtimmenden Arbeiten. Befriedigende Geſetze laſſen ſich bisher hierüber nicht feſt ſtellen, da jede Beanſpruchung meiſt ſchon neben der elaſtiſchen Formveränderung eine bleibende Formveränderung hervorruft und eine ſcharfe Elaſticitätsgrenze ſchwer feſt zu ſtellen iſt.

Wedgold fand durch Biegungsverſuche die Elaſticitätsziffer (-Coefficient oder -Modul) von weiſsem Marmor 170, braunem Portlandſtein 58, weiſsem Sandſtein 36 t für 1 qcm; *Bauſchinger* durch unmittelbare Zug- und Druckverſuche bei mittelkörnigem Granit 270 bis 510, feinkörnigem Granit 120 bis 288, Dolomit 400 bis 560 und Sandſtein 82 bis 378 t für 1 qcm; *Köpcke* durch Biegungsverſuche bei Granit 225 bis 454, im Mittel 340 und bei Pirnaer Sandſtein 45 bis 90, im Mittel 67 t für 1 qcm.

13. Feſtigkeits-Maſchinen.

Die Prüfung der Druckfeſtigkeit iſt durch die Conferenz-Beſchlüſſe einheitlich normirt worden. Die Bedingungen, welche die Druckfeſtigkeits-Maſchinen erfüllen müſſen, ſo wie die Art der Ausführung der Proben iſt fixirt.

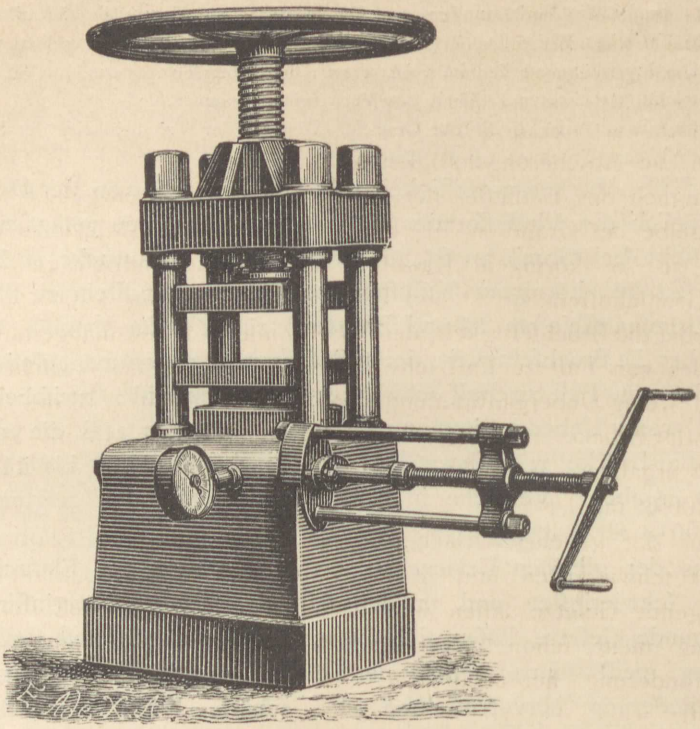
Es ſind in letzter Zeit eine Anzahl äuſserſt genial und genau conſtruirter Feſtigkeits-Maſchinen gebaut und in verſchiedenen Prüfungsanſtalten eingeführt worden, welche ſämmtlich den Conferenz-Anforderungen entſprechen und entweder durch hydrauliſchen oder durch Schraubendruck arbeiten.

Am häufigſten finden ſich für Druckproben eingeführt: die hydrauliſche Preſſe ohne Pumpe nach *Michaëlis*, gegenwärtig von *Brinck & Hübner* in Mannheim gebaut. Dieſelbe iſt mit Manometern und Controle-Manometer verſehen, arbeitet bequem und hinlänglich genau für Druckprüfung von Bauſteinen und iſt für Belaſtungen von 60000 kg gebaut. Fig. 1 bringt eine Anſicht derſelben.

In den meiſten ſtaatlichen Verſuchs-Stationen und Prüfungsanſtalten iſt die Univerſal-Feſtigkeits-Maſchine von *Werder*, gebaut von *Cramer & Klett* in Nürnberg, im Gebrauch. Sie iſt zur genaueſten Beſtimmung ſämmtlicher Feſtigkeitsziffern eingerichtet und mit den genannten Controle-Vorrichtungen verſehen.

Die meiſten Feſtigkeits-Maſchinen ſind beſonders zur Prüfung von Metallen auf Zug conſtruirt. Hier ſeien noch als in verſchiedenen Anſtalten eingeführt die Feſtigkeits-Maſchinen genannt: von *Mohr & Federhaff* in Mannheim, *Emery*'s Prüfungsmaſchinen, *Fairbank*'s Feſtigkeitsprüfer, *Buignet*'s Feſtigkeits-Apparat etc.; bezüglich

Fig. 1.



Hydraulifche Preffe ohne Pumpe.

des Näheren hierüber mufs auf die S. 62 bis 64 vorzufindenden Literatur-Angaben verwiefen werden.

Angaben von Druckfeftigkeiten der bekannteften Baufteine folgen im Anhange bei der Ueberficht der Baufteine (unter b).

14. Formbarkeit.

Nebft der Feftigkeit ift die Formbarkeit die hauptfächlichfte technifche Eigenfchaft der Baufteine.

So weit wir die natürlichen Baufteine in das Auge faffen, ift fie der Ausdruck der Befiegbarkeit der ftarren Maffe und zugleich des praktifch nicht überwindbaren Widerftandes gewiffer Sorten durch das formende Werkzeug. Die Formbarkeit hängt mit Quantität und Qualität der Feftigkeit, mit Härte und Porofität, fo wie mit der Einzelftructur der Gefteine zufammen.

Bei Gefteinen derfelben Gruppe ift ftets der tragfähigfte auch der technifch härtefte, und die wachfende mineralogifche Härte, wie fie z. B. bei Kalkfteinen mit zunehmendem Gehalt an Kiefelfäure auftritt, geht genau parallel mit der wachfenden technifchen Härte.

Spröde Gefteine eignen fich für gewiffe Bearbeitungszwecke beffer als zähe, da durch Stofs gröfsere Partien losgetrennt werden können, während zähe, namentlich Hornblende-Gefteine und Serpentin, nur gefchnitten oder gedrechfelt werden können, wenigftens nach dem heutigen Standpunkte der Steintechnik; denn die alten Inder und Aegypter verftanden es, gerade die zäheften Gefteine, wie Diorit und Bafalt, zu Statuen zu formen.

Die Einzelftructur ift von grofsem Einfluffe auf die Brauchbarkeit bezüglich der Formgebung. Danach find lagerhafte Steine mit Schichtflächen oder paral-

lelen Abfonderungsflächen von nicht lagerhaften, unregelmäfsig brechenden Steinen zu unterfcheiden. Von den erfteren können nur die quaderförmig brechenden Steine von möglichft gleichartigem, feftem Gefüge als vertrauenswürdiges und formbares Quadermaterial gelten, während die plattenförmig brechenden, bezw. fchieferigen Gefteine dazu nicht brauchbar find. Geht nämlich die Lagerhaftigkeit zu fehr in das Einzelne oder find, petrographifch gefprochen, die Schichten dünnflächig oder die Abfonderungsflächen dünnplattig, fo dafs fie fich der Schieferftructur nähern, fo eignen fich folche Steine nicht mehr zu Quadern, und zwar weder zu feinerer ornamentirter und profilirter Arbeit, noch felbft zu ebener, glatter Arbeit. Denn der gröfsere Unterfchied zwifchen dem ftärkeren Zufammenhang im Verlaufe der Lagerfchichten und dem fchwächeren fenkrecht dazu, alfo im Sinne einer Trennung der Platten, erzeugt bei der normalen Bearbeitung, fobald der trennende Stofs fich über eine Plattungs- oder Schichtungsfläche hinauspflanzt, ftets geneigte Flächen ftatt der beabfichtigten lothrechten. Aehnliches ift bei der einfeitig orientirten oder geftreckten Structur der Fall, wie fie bei manchen Granuliten und Graniten vorkommt, wo die Spaltung nach dem Hauptbruche und Querbruche gut gelingt, nicht aber nach dem Längsbruche.

Handelt es fich um das Formen gröfserer Werkftücke, Säulen oder Figuren, fo ift bei Schichtgefteinen von blättrig-fchieferiger Structur ftets der gröfste Nachdruck darauf zu legen, dafs fie auf das Lager zu ftehen kommen, damit der belaftende Druck fenkrecht auf die Lagerfläche wirkt; denn die Erfahrung hat gezeigt, dafs, entfprechend der geologifchen Ablagerungsweife, der Gröfstwerth der Druckfeftigkeit parallel zu den dem elementaren Gebirgsdrucke fo lange Zeit ausgefetzten Lagerflächen auftritt. Es kommen Fälle vor, dafs ein Geftein, wenn feine Lagerflächen lothrecht geftellt werden, bereits unter dem vierten Theil der normalen Tragfähigkeit fpaltet. Und doch wird, befonders bei Bruchfteinmauerwerk, oft der glatten Verblendung zuliebe fchieferiges Geftein hochkantig vermauert. Dafs hierbei auch die Dauerhaftigkeit gefährdet ift, fei nebenbei erwähnt.

Am vortheilhafteften eignen fich bezüglich der Formbarkeit maffige Silicat-Gefteine und mächtige Schichtgefteine, da fie nicht blofs durch das regellofe, daher nach allen Richtungen gleichmäfsig zufammenhängende Aneinanderlagern der Gefteinselemente innerhalb der homogenen Maffe der Abfonderung oder Schicht willkürliche Formgebung geftatten, fondern auch bezüglich der möglichen Abmeffungen die weiteften Grenzen fetzen und die vortheilhafteite Ausnutzung der Druckkraft geftatten. Die feinkörnige Structur mancher Kalkfteine, befonders poröfer Sorten und Oolithen, und vieler Sandfteine ift vermöge der leichten Formbarkeit diefer Gefteine bei fonft genügend hoher Feftigkeit und Dauerhaftigkeit nicht ohne Einfluls auf die Bauformen des Mittelalters gewefen.

Bei künftlichen Baufteinen ift die Formbarkeit, bezw. die Formgebung, einfchliefslich der dafür mafsgebenden Bedingungen, Sache der Fabrikation. Denn bei der Erzeugung läfft fich — eine richtige Wahl des Rohftoffes und des Erzeugungsverfahrens vorausgefetzt — ohne Weiteres die beabfichtigte Form des Baufteines erzielen.

15. Bohrfeftigkeit.

Die Formbarkeit zu meffen und ziffermäfsige Abftufungen der Arbeitshärte aufzuftellen, ift von *Rondelet, Michelet, Perronet, Behrens* und *Wolf* auf verfchiedene Weife verfucht worden. Einheitliche Methoden hierfür wurden durch *Rziha* der internationalen Conferenz vorgefchlagen und darüber folgende Befchlüffe gefafft, die hier im Auszuge wiedergegeben feien.

Die Geſteine ſind nach einheitlichen Principien auf ihre Bohr-, bezw. Gewinnungsfeſtigkeit zu unterſuchen, und zwar auf folgende Weiſe:

Die Verſuche zur Ermittelung der Bohrfeſtigkeit der Geſteine ſollen vorgenommen werden entweder a) mittels eines Fallapparates oder b) mittels Drehbohrmaſchinen. Als Fallapparat wird die Conſtruction von *Hauſſe*[8]) empfohlen. Die Arbeit des Fallapparates oder der Drehbohrmaſchine ſoll in Meter-Kilogramm für 1 cbm erbohrten Raumes ausgedrückt werden. Die Schlagbohrlöcher ſollen 25 mm Durchmeſſer haben, die Drehbohrlöcher 45 mm oder 65 mm weit ſein. Eine einheitliche Bohrtabelle ſoll alle zur Berechnung der Bohrarbeit nöthigen Angaben enthalten, und zum Vergleich mit der Bohrarbeit müſſen auch die betreffenden Geſteine auf Druck, Elaſticität und Scherfeſtigkeit unterſucht werden.

Dieſe unmittelbar ziffermäſsig ausdrückbare Feſtigkeit wird bei der Bearbeitung der Flächen durch die Abnutzungsfeſtigkeit nach der *Bauſchinger'*ſchen Schleifmethode ebenfalls ziffermäſsig feſt geſtellt.

16. Arbeitshärte.

Die wirkliche Arbeitshärte, welche gewiſſermaſsen gleichzeitig durch die Bohr- und Abnutzungsfeſtigkeit zuſammen beſtimmt wird, iſt bisher am deutlichſten praktiſch und mittelbar durch das Feſtlegen des Preiſes für die Bearbeitung von 1 qm Fläche zum Ausdruck gekommen.

Wenn ſich auch eine unmittelbare Beziehung zwiſchen Arbeitslohn und Meter-Kilogramm-Arbeit nicht feſt ſtellen läſst, ſo iſt doch mittelbar eine in vielen Groſsſtädten gebräuchliche Claſſification der Geſteine nach den Arbeitslöhnen in Verbindung mit der Druckfeſtigkeit vorhanden und dadurch ermöglicht, daſs zwiſchen Druckfeſtigkeit, Arbeitshärte und Arbeitslohn beſtimmte Beziehungen erkannt werden.

Die in Berlin und Paris beſtehenden einheitlichen Arbeitslöhne mögen in Verbindung mit der Claſſification angeführt werden, die in der »Denkſchrift über die Einrichtung von Prüfungs-Anſtalten und Verſuchs-Stationen von Baumaterialien, ſowie über die Einführung einer ſtaatlich anerkannten Claſſification der Steinmaterialien« von *Bauſchinger, A. Funk* und *Hartwig* vorgeſchlagen worden iſt.

Die einſchlägige, vom Verbande Deutſcher Architekten- und Ingenieur-Vereine herausgegebene »Denkſchrift«[9]) claſſificirt ſämmtliche Geſteine, getheilt in vier Gruppen nach ihren petrographiſchen Eigenſchaften, nach ihrer Mindeſt-Druckfeſtigkeit; die franzöſiſche Claſſification enthält nur drei Gruppen, bei denen, auſser den petrographiſchen Merkmalen und der Druckfeſtigkeit, der Erhaltungsgrad und die Politurfähigkeit ausgedrückt und bei den Pariſer Grobkalken im Beſonderen noch die Arbeitshärte durch die Koſten der Bearbeitung von 1 qm Fläche Qualitätsſtufen maſsgebend iſt, während die Berliner Steinmetz-Genoſſenſchaft nur für Sandſteine Qualitätsſtufen bloſs nach der Arbeitshärte, ausgedrückt durch die Koſten der Bearbeitung für 1 qm, geſchaffen hat.

1) Die »Denkſchrift« unterſcheidet:

I. Verſteinerungsloſe Felsarten:

Granit, Diorit, Grünſtein, Syenit, Syenit-Granit, Glimmerſchiefer etc.

Qualität I. Mit dem Meiſsel ſchwer oder nicht bearbeitbar, daher meiſt nur zu Pflaſterungsmaterial verwendet. Mindeſt-Druckfeſtigkeit 1600 kg für 1 qcm.

Qualität II. Ziemlich ſchwer bearbeitbar, aber doch ſchon zu Säulen etc. verwendet: Mindeſt-Druckfeſtigkeit 1200 kg für 1 qcm.

Qualität III. Gut bearbeitbar und vorzüglich als Hauſteinmauerwerk verwendet: Mindeſt-Druckfeſtigkeit 1000 kg für 1 qcm.

Qualität IV. Für geringere Sorten Bauſteine: Mindeſt-Druckfeſtigkeit 800 kg für 1 qcm.

II. Kalkſteine:

Marmor, Dolomit, Muſchelkalk, Nummuliten-Kalkſtein u. ſ. w.

Qualität I. Mindeſt-Druckfeſtigkeit 1000 kg für 1 qcm.
Qualität II. Mindeſt-Druckfeſtigkeit 800 kg für 1 qcm.
Qualität III. Mindeſt-Druckfeſtigkeit 500 kg für 1 qcm.

---

8) Siehe: Berg- und Hüttenmänn. Zeitg. 1882, Nr. 33 u. 34.

9) Denkſchrift über die Einrichtung von Prüfungs-Anſtalten und Verſuchs-Stationen von Baumaterialien, ſowie über die Einführung einer ſtaatlich anerkannten Claſſification der letzteren. Herausgegeben durch den Verband Deutſcher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Berlin 1878.

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

III. Sandſteine.

Qualität I. Mindeſt-Druckfeſtigkeit 800 kg für 1 qcm. Dahin gehören auch die bis 2000 kg tragenden und kaum mehr zu bearbeitenden Grauwacken, Molaſſenſandſteine und Buntſandſteine bis 1500 kg Druckfeſtigkeit.

Qualität II. Mindeſt-Druckfeſtigkeit 600 kg für 1 qcm.

Qualität III. Mindeſt-Druckfeſtigkeit 400 kg für 1 qcm.

Qualität IV. Mindeſt-Druckfeſtigkeit 200 kg für 1 qcm.

Unter letzterer Mindeſtzahl wechſeln Feſtigkeit und Beſtändigkeit der Sandſteine ungemein mit der Güte des Bindemittels, und es iſt beim Gebrauch ſolcher Steine mit gröſster Sorgfalt zu verfahren.

IV. Conglomerate und Tuffe etc.

Qualität I. Mindeſt-Druckfeſtigkeit 400 kg für 1 qcm.

Qualität II. Mindeſt-Druckfeſtigkeit 250 kg für 1 qcm.

Qualität III. Mindeſt-Druckfeſtigkeit 150 kg für 1 qcm.

2) Franzöſiſche Claſſification.

A. Granitiſche Geſteine.

α) Polirbare, 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 polirbare, angewitterte:

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

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

B. Kalke.

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

Dieſe werden untergetheilt in:

a) Politurfähige, 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 Sandſäge zu ſchneiden; Einheitsgewicht 1,8 bis 2,2; Druckfeſtigkeit 100 bis 200 kg für 1 qcm.

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

Die Pariſer Grobkalke im Beſonderen werden noch in weitere Claſſen abgetheilt, und zwar nach ihrer Arbeitshärte.

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

β) Gewöhnliche harte (*Bancs francs*); Bearbeitung 6 Francs für 1 qm; Einheitsgewicht 2,0 bis 2,3; Druckfeſtigkeit 150 bis 400 kg für 1 qcm.

γ) Halbharte; Bearbeitung 4 Francs für 1 qm; Einheitsgewicht 1,8 bis 2,0; Druckfeſtigkeit 100 bis 200 kg für 1 qcm.

δ) Weiche (*Bancs royaus*); Bearbeitung 2,75 Francs für 1 qm; Einheitsgewicht 1,6 bis 1,8; Druckfeſtigkeit 70 bis 120 kg für 1 qcm.

ε) Ganz weiche; Bearbeitung 2 Francs 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 einſaugend; Einheitsgewicht 2,1 bis 2,5; Druckfeſtigkeit 350 bis 780 kg für 1 qcm.

β) Weiche, poröſe, Waſſertropfen unmittelbar einſaugend; Einheitsgewicht 1,9 bis 2,1; Druckfeſtigkeit 80 bis 300 kg für 1 qcm.

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

3) Die Berliner Steinmetz-Genoſſenſchaft hat für die gebräuchlichſten Sandſteinſorten die folgenden Arbeitslöhne feſt geſetzt.

Bei einem niedrigſten Tagelohnſatz von 50 Pfennige in der Stunde und einer wirklichen Arbeitszeit von 9 Stunden beträgt für Sandſtein mittlerer Härte der Accordpreis für 1 qm geſchliffen 4,40 Mark.

Als Beiſpiele hierfür werden angeführt: Poſtelwitzer-, gelber Warthauer-, gelber Blankenburger- und Nebraer-Sandſtein. Die Druckfeſtigkeit derſelben iſt mit rund 300 kg für 1 qcm angeſetzt, was mit den Feſtigkeitsangaben übereinſtimmt, und mit der Druckfeſtigkeit der übrigen Sorten verglichen, ſtellt ſich dieſe ſtufenweiſe niedriger oder höher, als die der mittelharten Sandſteine. Im Allgemeinen entſprechen auch dieſen Feſtigkeitsabſtufungen die folgenden Lohnabſtufungen:

Cottaer-Stein: 3,52 Mark = 20 Procent billiger; Druckfeſtigkeit 207 kg für 1 qcm.

Welfenslebener und Eggenſtedter: 3,96 Mark = 10 Procent billiger; Druckfeſtigkeit 270 kg für 1 qcm.

Grüner Vogeſen- und Berner-Sandſtein: 3,96 Mark = 10 Procent billiger; Druckfeſtigkeit 270 kg für 1 qcm.

Neſſelberger- und weiſser Warthauer-Sandſtein: 4,84 Mark = 10 Procent theuerer; Druckfeſtigkeit 400 bis 500 kg für 1 qcm.

Rackwitzer-, Deiſter-, weiſser Blankenburger-Stein: 5,06 Mark = 15 Procent theuerer; Druckfeſtigkeit 500 bis 600 kg für 1 qcm.

Rother Vogeſen-Sandſtein: 5,72 Mark = 30 Procent theuerer; Druckfeſtigkeit 600 bis 650 kg für 1 qcm.

Bayerfelder- und Poſtaer-Sandſtein: 5,87 Mark = 33⅓ Procent theuerer; Druckfeſtigkeit 600 bis 700 kg für 1 qcm.

Seeberger-, Bernburger-, Oſterwalder-, Staudernheimer-, Alvenslebener-, Udelfanger- und Teutoburger-Sandſtein: 6,60 Mark = 50 Procent theuerer; Druckfeſtigkeit 620 bis 750 kg für 1 qcm.

Obernkirchner-, Elzer-, Burg-Preppacher-Sandſtein: 7,04 Mark = 60 Procent theuerer; Druckfeſtigkeit 680 bis 760 kg für 1 qcm.

Rother Miltenberger- und Teutoburger-Silberort-Sandſtein: 7,70 Mark = 75 Procent theuerer; Druckfeſtigkeit 800 bis 900 kg für 1 qcm.

Velpker-Stein (ohne zu ſchleifen): 8,80 Mark = 100 Procent theuerer; Druckfeſtigkeit 1200 kg für 1 qcm.

Cudowaer-Stein (Heuſcheuer): 11,00 Mark = 150 Procent theuerer; Druckfeſtigkeit 1400 kg für 1 qcm.

17. Abnutzbarkeit.

Die Abnutzbarkeit oder der Grad des Widerſtandes gegen oft wiederholte Beanſpruchung auf Druck und Reibung iſt für die Wahl von Pflaſterungsmaterial, Treppenſtufen u. dergl. entſcheidend. Die Abnutzungshärte hängt nicht mit der mineralogiſchen Härte unmittelbar zuſammen, ſondern iſt durch Zähigkeit und Widerſtand gegen Lostrennung der Oberflächentheilchen in erſter Linie bedingt. Je gleichmäſsiger der Zuſammenhang der Geſteinsbeſtandtheile iſt, deſto weniger Veranlaſſung zur Lostrennung iſt vorhanden.

Eine ziffermäſsige Claſſification der auf Abnutzung beanſpruchten Materialien durch Anwendung einer einheitlichen Abſchleifungsmethode hat zuerſt *Bauſchinger* vorgeſchlagen, und die internationalen Conferenzen haben einſchlägige Beſtimmungen getroffen.

Die Abſchleifmaſchine[10]) beſteht aus einer groſsen wagrechten Guſseiſenſcheibe, die um eine lothrechte Achſe mit einer Geſchwindigkeit von 20 Touren in der Minute gedreht wird. Ueber der Scheibe ſind in einer durch die Mitte geführten Geraden zwei verſtellbare Guſseiſenrahmen angebracht, in denen die zu prüfenden Materialien ſeitlich geführt eingelegt werden und auf der Schleifſcheibe aufliegen. Als Schleifmittel wird Schmirgel aufgegeben, jedesmal nach einer beſtimmten Anzahl Touren eine beſtimmte Menge Schmirgel (für je 10 Touren 20 Gramm Schmirgel Nr. 3). Zuvor wird jedesmal der Schmirgel mit einem dünnen Blech von Hand weggeſtreift. Die Steine werden mittels Hebeldruck gegen die Schleifſeite gepreſſt (20 bis 30 kg Belaſtung), und nach je 200 Touren der Gewichtsverluſt durch Abwägen ermittelt.

10) Siehe: Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der k. techniſchen Hochſchule in München. Heft 11: Verſuche über Abnützbarkeit und Druckfeſtigkeit von Pflaſter- und Schottermaterialien. München 1884.

Bei Graniten, Porphyr, Baſalt etc. ſchwankt der Gewichtsverluſt auf 50 qcm Fläche zwiſchen 8 bis 20 g für je 200 Touren. Weichere Steinſorten, wie Kalkſteine und Sandſteine, geben 20 bis 80, ja ſogar 100 g Gewichtsverluſt für je 200 Touren. Bei ſorgfältiger Behandlung ſind die Ergebniſſe ſehr übereinſtimmend, und es iſt der Apparat von den meiſten Prüfungsanſtalten eingeführt.

18. Ausdehnung durch die Wärme.

Die Ausdehnung durch die Wärme iſt ebenfalls ein wichtiger Factor bei der Beurtheilung von Bauſteinen und insbeſondere bei ihrer Verbindung zu Conſtructionen. Schon in ihrer urſprünglichen Lagerung werden manche Steine durch raſche Temperaturunterſchiede dem Verfalle entgegengeführt, und daſſelbe tritt bei fertigen Conſtructionen ein, insbeſondere bei Feuerungsanlagen der Groſsinduſtrie.

Die Ausdehnungsziffer (-Coefficient) durch die Wärme iſt bei Bauſteinen entſprechend der ſehr wechſelnden Zuſammenſetzung in Art, Gröſse und Lage der einzelnen Geſteinselemente ſehr verſchieden. Es giebt Bauſteine, die eine höhere Ausdehnungsziffer haben, als Eiſen, und andere, bei denen ſie bedeutend geringer iſt.

Die Verſuche von *Bouniceau* [11]) haben dies bewieſen, und nach *Adie*'s Verſuchen wird die Ausdehnungsziffer für Granit zu 0,0008 bis 0,0009, für Marmor zu 0,00065 bis 0,0011, für Sandſtein zu 0,0009 bis 0,0012 und für Schiefer zu 0,00104 angegeben.

19. Dauerhaftigkeit.

Die Dauerhaftigkeit iſt nächſt der Feſtigkeit das wichtigſte Erforderniſs für einen guten Bauſtein.

Im Allgemeinen läſſt ſich feſt ſtellen, daſs in erſter Linie die chemiſch-phyſikaliſche Beſchaffenheit des Geſteines hierfür maſsgebend iſt. Die verſchiedenen chemiſchen Beſtandtheile der ein Geſtein bildenden Mineralien bedingen eine verſchiedene Widerſtandsfähigkeit gegen die Einwirkung der Atmoſphärilien und die Temperaturſchwankungen.

Sauerſtoff, Waſſer, Kohlenſäure und die Verweſungserzeugniſſe organiſcher Körper ſind, nebſt der zerſtörenden Kraft von Froſt und Hitze, die Agentien, denen auf die Länge gar kein Stein zu widerſtehen vermag. Am kräftigſten widerſtehen jene Steine, welche entweder bloſs aus Kieſelſäure beſtehen oder bei denen wenigſtens Kieſelſäure ein Hauptgemengtheil iſt, alſo Quarzite, Grauwackenſchiefer, quarzreiche Granite, ſo wie Quarzporphyre und manche Thonerzeugniſſe. Bei dieſen hängt in Folge der Unempfindlichkeit der chemiſchen Beſtandtheile gegen die Atmoſphärilien 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. Aeuſserſt feinporige, aber zerſtreutporige, namentlich wenn die Poren nach einſeitigen Hauptrichtungen orientirt ſind, werden eher von Froſt zerſprengt, als groſs- und dichtporige, deren Porenräume nach allen Richtungen communiciren.

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

Die Glimmer ſind zwar chemiſch ſehr indifferent, zerlegen ſich jedoch in Folge ihrer auſserordentlich leichten Spaltbarkeit durch den Froſt leicht in Spaltungsblättchen und verleihen ihrem Muttergeſteine nebſt der groſsen Neigung zur Schiefer-

11) Siehe: *Annales des ponts et chauſſées* 1863, S. 178 — ſo wie Theil III, Band 1 (Abth. I, Abſchn. 1, Kap. 1: Stein-Conſtructionen im Allgemeinen) dieſes »Handbuches«.

ſtructur, beſonders bei gleichzeitiger Poroſität und geringer Zugfeſtigkeit, keine lange Dauer.

Der kohlenſaure Kalk iſt petrographiſch auſserordentlich verſchieden ausgebildet und wird allmählich durch kohlenſäurehaltiges Waſſer gelöst, ſo wie von organiſchen Paraſiten theils mechaniſch mittels eindringender Wurzelfaſern, theils chemiſch durch Einwirkung der Humusſäuren zerſtört. Jedoch geht dieſe Zerſtörung in vielen Fällen äuſserſt langſam vor ſich und äuſsert ſich meiſt nur durch die verfärbenden Anflüge, wenn nicht der kohlenſaure Kalk in amorphem, erdigen Zuſtande als Bindemittel zwiſchen kryſtalliniſch-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 Foraminiferen-Kalken der Fall.

Auch manche Silicat-Mineralien, welche kalkhaltig ſind, werden durch Kohlenſäure und Waſſer leicht zerſetzt, ſo beſonders der Kalkfeldſpath oder Labrador, ein Hauptbeſtandtheil vieler Porphyre, Trachyte und Melaphyre. In ſolchen Fällen verliert das Geſtein, wenn nicht ſonſt ſeine der vulkaniſchen Entſtehung entſprechende halbglaſige Textur dem löſenden kohlenſauren Waſſer zu wenige Angriffspunkte bietet, weſentlich an Werth, da durch die Zerſetzung der Zuſammenhang leidet und allmählich feine Porenräume auftreten, die bis zu erdiger Zerſetzung führen. Solche Geſteine verlieren ihre Politurfähigkeit.

Gewiſſe Nebenmineralien und imprägnirende Subſtanzen verringern ebenfalls manchmal die Dauerhaftigkeit. So wirkt Schwefelkies, wie er beſonders im Diorit, manchen Marmoren und Schiefern vorkommt, durch ſeine Oxydation zu Eiſenvitriol zerſtörend auf die Geſteine; viele Eiſenverbindungen überhaupt oxydiren ſich durch den Einfluſs von Sauerſtoff höher und bewirken dadurch Farbenveränderungen, die ohne merkliche Zerſtörungserſcheinungen manchmal zu Gunſten der Schönheit gleich einer Patina auftreten (ſo bei den rheiniſchen Buntſandſteinen, beim römiſchen Travertin), manchmal jedoch raſchen Zerfall herbeiführen (z. B. bei manchen rothen Jura-Kalken). Hingegen erbleichen durch organiſche Subſtanzen gefärbte Steine meiſtens unter Erweichung, indem langſame Verweſung derſelben durch Oxydation eintritt.

Dieſelben Bedingungen der Dauerhaftigkeit, wie bei den urſprünglichen Geſteinen, gelten für die aus Trümmern regenerirten 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 Quarzſand nicht weiter angegriffen wird, für die Dauer entſcheidend, ſo weit es die chemiſchen Agentien betrifft. Quarziges, kalkiges und eiſenſchüſſiges 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 thoniges Bindemittel dasjenige, welches am meiſten Vorſicht vor dem Gebrauche einflöſsen ſoll. Bei den klaſtiſchen Geſteinen erſcheinen Zugfeſtigkeit und Poroſität am functionellſten mit der Dauerhaftigkeit verbunden. So wie die chemiſch-phyſikaliſche Beſchaffenheit je nach den verſchiedenen Geſteinsgruppen auf die Dauer von Einfluſs iſt, ſo iſt, wie ſchon angedeutet, beſonders auch die Structur und der Poroſitätsgrad in dieſer Beziehung maſsgebend.

Da bei einer und derſelben Geſteinsgruppe mit verſchwindender Poroſität der Unterſchied zwiſchen Eigengewicht und Volumgewicht verſchwindend wird und andererſeits dabei die Cohäſionskraft ihren Gröſstwerth 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 Gefüge gröſsere Dauer verſpricht, als grobkörniges oder ſchieferiges Gefüge. Schieferige Geſteine widerſtehen naturgemäſs nur auf dem Hauptbruche, wo ſie glatte Flächen, alſo keine Angriffspunkte für Abſorption bieten, je nach ihrer ſonſtigen Natur, während ſie in den Spaltungs-Querbruchflächen oft tief hinein zerſtört erſcheinen, ſobald dieſe den Infiltrationen der Atmoſphärilien ausgeſetzt werden.

Ein weiterer Factor 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 Mindeſtwerthen 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 etc. 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 Vorſicht nöthig.

Hingegen können andere, ſonſt leicht verwitterbare Geſteine, namentlich Thongeſteine, Mergel, Tuffe etc., gerade durch geologiſchen Druck ſo zuſammengepreſſt vorkommen, daſs ſie alle Eigenſchaften eines urſprünglich entſtandenen kryſtalliniſchen Geſteines annehmen und bewahren. In ſo fern iſt auch das geologiſche Moment ſelbſt vor dem chemiſchen zu berückſichtigen.

Oertliche 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, in unſerem zwiſchen extremen Temperaturen ſchwankenden Klima nicht halten, daſs aber eben dieſelben 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 Gegentheile 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 in ſolchen Gegenden nicht auf lange Dauer rechnen. Nicht minder iſt es keineswegs gleichgiltig, welche Steine man zu Waſſerbauten, beſonders an der Waſſergrenze verwendet, und es iſt

allbekannt, dafs die Auswahl von feuerfeften Steinen für Heizanlagen zu Fabrikszwecken nicht forgfältig genug getroffen werden kann.

Es ift felbftverftändlich, dafs auch der Erhaltungsgrad eines Steines vor feiner Verwendung mafsgebend ift. Granit kann bereits fo verändert und »verfault« fein, dafs er kein wetterbeftändiges Material mehr abgiebt, wie manche glaciale Gefchiebe darthun oder wie fo häufig an neu eröffneten Steinbrüchen zu fehen ift.

So wichtig es daher ift, frifches, d. h. unverwittertes, aus dem Inneren des Berges ftammendes Geftein zu verwenden, fo fehr ift bei manchen Steinarten vor der Verwendung frifch gebrochenen und daher bruchfeuchten Materials zu warnen, befonders wenn daffelbe bei beginnender Froftzeit zum Vermauern kommen foll.

Bruchfeuchtigkeit kommt, wie fchon der Name andeutet, nur bei natürlichen Steinen in Betracht. Es wird damit das Porenwaffer bezeichnet, welches alle feinften Poren der Gefteine erfüllt und das erft allmählich nach der Bearbeitung durch die der Luft ausgefetzten Flächen verloren geht. Bei poröfen Steinen wird die Menge der Bruchfeuchtigkeit fo bedeutend, dafs die Gefteine im bruchfeuchten Zuftande ganz weich und leicht zu bearbeiten find. Nach einiger Zeit in Luft und Sonne verliert fich die Feuchtigkeit; der Stein wird auffallend härter und porenärmer, fo dafs er erheblich fchwieriger zu bearbeiten ift. Dies findet ftets bei poröfen Kalkfteinen und bei Sandfteinen mit kalkigem Bindemittel ftatt. Die Bruchfeuchtigkeit ift mit gelöstem kohlenfauren Kalk gefättigt; durch die Verdunftung des Löfungswaffers wird er allmählich abgelagert, und zwar in fefter, wahrfcheinlich kryftallinifch werdender Form. Dadurch fteigern fich natürlich Dichtheit und Arbeitshärte, zugleich aber auch die Tragfähigkeit. Es ift durch Verfuche vielfach nachgewiefen, dafs bruchfeuchte Steine kaum $^2/_3$ der Laft trockener Steine derfelben Gattung tragen.

Dazu kommt noch, dafs das Porenwaffer als immer concentrirtere Löfung fich an den unteren und inneren Partien des Steines anfammelt und bei eintretendem Froft gerade an der am meiften belafteten, alfo ohnehin fchon einer Dilatationskraft ausgefetzteften Stelle feine zerfpaltende Wirkung äufsert. Es ift daher völlig gerechtfertigt, wenn der Gebrauch befteht, frifch gebrochene Steine mindeftens ein paar Monate vor dem Vermauern dem Austrocknen zu überlaffen, und noch rathfamer wäre es, wenn daffelbe auch mit öfterem Umkanten verbunden wäre, um das Austrocknen und damit die Erhöhung der Tragkraft gleichmäfsig zu vertheilen.

Wenn behauptet wird, dafs gewiffe Steine, namentlich Marmorforten, nicht bei Vollmond gebrochen werden dürfen, weil fie fonft fpringen, fo mag dies mit der ftärkeren Strahlung bei heiterem Vollmondhimmel und der damit eintretenden ungewöhnlichen Temperaturerniedrigung des innen ohnedies nur die Bodentemperatur befitzenden Blockes zufammenhängen; denn gerade feinporige und fpröde Gefteine zeigen fich gegen Froft oft empfindlicher, als poröfere und weichere.

20. Froftbeftändigkeit.

Aus dem bisher Vorgeführten ergiebt fich, dafs Dauerhaftigkeit und Wetterbeftändigkeit im Allgemeinen gleich bedeutend find. In unferem Klima treten die gefteigerten Angriffe des gefrierenden Waffers als Froftwirkung hinzu, und man kann mit Recht bis zu einem gewiffen Grade einen froftbeftändigen Stein auch wetterbeftändig oder dauerhaft nennen.

Die Froftbeftändigkeit eines Materials feft zu ftellen, ift defshalb eine wichtige technifche Aufgabe, wenn es fich um die Auswahl von der Witterung ausgefetzten Conftructionen handelt. Vor Allem mufs hier mit Bedauern hervorgehoben werden,

dafs die noch in der 1. Auflage des vorliegenden Bandes angeführte Methode von *Brard*, mit Glauberfalzlöfung die Froftwirkung nachzuahmen, keineswegs brauchbar ift; denn *Lunge* hat nachgewiefen, dafs kryftallifirendes Glauberfalz fich zufammenzieht, alfo feinen Rauminhalt vermindert, während kryftallifirendes Waffer bekanntlich eben durch die dabei eintretende Inhaltsvergröfserung fo energifch wirkt.

Wir haben oben gefehen, dafs manche bruchfeuchte Steine weicher find, als völlig ausgetrocknete, und geringere Feftigkeit befitzen. Thatfächlich ift diefe Eigenfchaft allen Steinen gemeinfam, nur in mehr oder minder hohem Grade. Sind die Porenräume mit Waffer gefüllt, fo wirkt die Capillarkraft im Sinne einer Ausdehnung und Spannung, oder die einzelnen Theilchen ftehen um ein Geringes weiter von einander ab; folglich mufs auch die Trennung derfelben von einander durch eine geringere Kraft bewirkt werden können, als wenn das Waffer verdunftet ift.

Eine fcharfe Beftätigung diefer Thatfache liefern die genauen Meffungen von *Schumann* an verfchiedenartigen Steinen. Unter Waffer dehnen fich die Gefteine aus; beim Trocknen fchwinden fie. Eben fo fcharf hat zuerft Verfaffer diefes die Abminderung der Feftigkeit im waffergefatten Zuftande nachgewiefen. Bei zweifellos froftficheren Gefteinen beträgt diefe Abminderung nur wenige Procente. So verlieren [12]) Bafalt 2 Procent, Grauwacke 4 Procent, Quarzite 2 Procent, kryftallinifche Kalke 6 Procent, Sandfteine befter Sorte 3 Procent, Granite 8 Procent und Grünfteine 10 Procent der Trockenfeftigkeit im waffergefatten Zuftande. Dagegen büfsen klaftifche Gefteine mit mergeligem oder erdigem Kalkbindemittel, insbefondere manche Sandfteine und Oolithe, 50 bis 60 Procent an Feftigkeit ein.

Letztere Thatfache hat *Tetmajer* zur Aufftellung einer Beftändigkeitsziffer benutzt, welche das Verhältnifs der Trockenfeftigkeit zur Nafsfeftigkeit als Quotient η darftellt.

Für Trümmergefteine fetzt er 3 Stufen feft:

I. Gröfster Werth von $\eta = 1{,}3$,
II. » » » $\eta = 1{,}6$,
III. » » » $\eta = 2{,}0$.

Letztere Stufe, welche im Waffer bis zur Hälfte an Druckfeftigkeit abnimmt, hält er mit Recht bei Verwendung im Freien für fehr verdächtig. Verfaffer hatte an den Oolithen von Riva nachgewiefen, dafs die Feftigkeit nach vielmaligem Gefrieren im waffergefatten Zuftande immer mehr abnimmt, und der Münchener Conferenz empfohlen, die Prüfung auf Froftbeftändigkeit nur durch wirkliches Gefrierenlaffen der naffen Steine vorzunehmen. In Folge deffen wurden von der ftändigen Commiffion folgende Befchlüffe gefafft: »Die Prüfung auf Froftbeftändigkeit hat, da die Waffer aufnahme, fo wie der Froftangriff von der Oberflächengröfse abhängig find, an Probeftücken von einheitlicher Gröfse ftattzufinden und wird dafür 7 cm Kantenlänge beftimmt. Nur bei fehr harten Steinen find ausnahmsweife geringere Abmeffungen zuläffig; doch unterliegt bei folchen die Froftbeftändigkeit nur felten einem Zweifel.«

Die Froftprobe befteht:

1) In der Ermittelung der Druckfeftigkeit der waffergefättigten Steine und deren Vergleichung mit der Trockenfeftigkeit.

2) In der Ermittelung der Druckfeftigkeit der wieder getrockneten Steine nach

[12]) Siehe: Mittheilung über die Wegebaumaterialien der Provinz Hannover. Hannover 1884.

25-maligem Gefrieren und Wiederaufthauen und deren Vergleichung mit der Trockenfeſtigkeit.

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

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

Bei der Froſtprobe ſind zu verwenden:

6 Probeſtücke für Druckverſuche im trockenen Zuſtande, und zwar 3 ſenkrecht und 3 parallel zum Lager, wenn dieſe Verſuche nicht ſchon ohnedies angeſtellt worden ſind (ſ. o. unter Nr. 3), wobei es wegen des Proportionalitätsgeſetzes zuläſſig iſt, daſs dieſe Probeſtücke auch gröſsere Abmeſſungen, als 7 cm Kantenlänge haben;

6 Probeſtücke im waſſergeſättigten, aber nicht gefrorenen Zuſtande, 3 ſenkrecht und 3 parallel zum Lager zu zerdrücken;

6 Probeſtücke für die Gefrierverſuche, von denen ſchlieſslich 3 ſenkrecht und 3 parallel zum Lager zu zerdrücken ſind.

Bei der Ausführung der Froſtproben iſt auf folgende Einzelheiten zu achten:

1) Bei der Waſſeraufnahme ſind die Würfel zuerſt nur 2 cm tief in das Waſſer zu tauchen und erſt nach und nach vollſtändig unter Waſſer zu bringen.

2) Zum Eintauchen ſoll deſtillirtes Waſſer von 15 bis 20 Grad C. verwendet werden.

3) Die waſſergeſättigten Körper ſollen einer Temperatur von — 10 bis — 15 Grad C. ausgeſetzt werden [13]).

4) Die Dauer der Kälteeinwirkung ſoll jeweils 4 Stunden betragen; der Probekörper iſt im vollkommen waſſergeſättigten Zuſtande einzuſetzen.

5) Das Aufthauen erfolgt in einer beſtimmten Menge deſtillirten Waſſers von 15 bis 20 Grad C.

In Ruſsland iſt dieſe Prüfungsmethode auf Froſtbeſtändigkeit mittels Circulär vom 26. Juni 1891 als amtliche Norm eingeführt, und es ſind darüber ausführliche, ſich mit den Beſchlüſſen der Conferenz deckende Inſtructionen veröffentlicht [14]). Daſelbſt hat dieſe Methode ſich als praktiſch hochwichtig bei Auswahl geeigneter Bauſteine bewährt. Eben ſo iſt die Froſtprobe ſeit 1890 im *Laboratoire de l'école des ponts et chauſſées* zu Paris, ſo wie in der Schweiz und in Deutſchland an mehreren Prüfungsanſtalten eingeführt.

Es wurde oben ſchon angedeutet, daſs die Froſtbeſtändigkeit und Wetterbeſtändigkeit nur bis zu einem gewiſſen Grade zuſammenfallen; denn die bereits erwähnten Einflüſſe der Beſtandtheile der Luft, die Rauchgaſe etc. einerſeits und der verſchiedene Grad der Widerſtandsfähigkeit der chemiſchen und phyſikaliſchen Eigenſchaften eines Geſteines bleiben auſser der Froſtwirkung, wenn auch nicht ſtets, ſo acut in Thätigkeit. Gegenwärtig iſt, von der letzten Wiener Conferenz ernannt, eine ſtändige Commiſſion damit beſchäftigt, einheitliche Methoden über die Prüfung der Wirkung der Rauchgaſe unter Würdigung der chemiſchen Zuſammenſetzung der natürlichen Bauſteine aufzuſuchen.

Ein Verfahren ſcheint hierbei an dieſer Stelle erwähnenswerth, das gleichzeitig den Einfluſs von Dämpfen ſchwefeliger Säure nachweist, wie ſie thatſächlich Schornſteingaſe enthalten, und die nach Verſuchen von *Brunner* in Lauſanne [15]) an Dachſchiefern praktiſch ſich bewährt hat. Sie ſtammt von *Freſenius* und beſteht darin,

---

13) Dieſe Temperatur wird nach *Belelubski* erreicht durch Gefrierenlaſſen in einem 3-fachen Kaſten, deſſen Wände und Böden ca. 10 cm Abſtand haben; der mittlere Kaſten wird mit einer Kältemiſchung von 3 Gewichtstheilen fein zerkleinerten Eiſes mit 1 Gewichtstheil Kochſalz gefüllt und ſämmtliche Zwiſchenräume mit Sägeſpänen iſolirt.

14) Belelubski, N. Inſtruction für die Prüfung der Bauſteine auf Froſtbeſtändigkeit. Deutſch von C. Philipp, Riga 1893.

15) Ueber die Werthbeſtimmung der Dachſchiefer. Schweiz. Wochſchr. f. Pharmacie 1889, Nr. 10.

den zu prüfenden Stein in geſchloſſenen Gefäſsen den Dämpfen ſchwefeliger Säure auszuſetzen. Verwitterbare Kalkbeſtandtheile ſollen hierbei raſchen Zerfall herbeiführen.

Die künſtlichen Bauſteine und insbeſondere die Ziegel- oder Backſteine ſind in Bezug auf ihre Dauerhaftigkeit den gleichen Einflüſſen und Bedingungen unterworfen, wie die natürlichen Bauſteine. Die Conferenz-Beſchlüſſe 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 Maſchen für 1 qcm gewonnenen Pulvers mit 250 cbcm deſtillirten Waſſers. Die Probe wird unter Erſatz des Waſſers 1 Stunde gekocht, filtrirt, das Filtrat verdampft, der Rückſtand ſchwach geglüht und gewogen und in Procenten vom Steingewicht berechnet.

3) Die Beſtimmung von kohlenſaurem Kalk, Schwefelkies und Marienglas etc. Wenn ſich im Rohmaterial ſolche ſchädliche Mineralien nachweiſen laſſen, iſt der fertige Stein unter 1/4 Atmoſphäre Ueberdruck 3 Stunden lang in einem *Papin*'ſchen Topf zu kochen und dann auf Sprünge und Abſplitterungen zu unterſuchen [16]).

21. Poroſität.

Die Beſtimmung der Poroſität, jener ſo hoch wichtigen 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 procentuelle 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 aufgeſogen, ſo nennen die Franzoſen einen ſolchen Stein porös.

Scharf ſind die Beſtimmungen von *Lang* [17]), von denen wir eine Anzahl anführen wollen in Vereinigung mit Beſtimmungen in der Verſuchsſtation des Verfaſſers. 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 bei völlig auf den höchſten Stand geſtelltem Stempel mit Waſſer gefüllt und nach aufgeſchraubtem Deckel der Stempel bis zum tiefſten Punkte gebracht. Hierdurch wird die Luft aus den Poren raſch verdrängt und bei dem nachherigen Waſſerdruck unter 3 Atmoſphären dieſelben genau gefüllt, ſo daſs nach 1 Stunde Preſſung ſchon die ſtets ca. 25 g ſchweren Probekörper an Gewicht nicht mehr zunehmen. Nach beendigter Imprägnirung werden ſie äuſserlich raſch abgetrocknet und in gewogenen, wohl verſchlieſsbaren Gläschen neuerdings gewogen. Die Gewichtszunahme wird in Procenten 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

---

16) Ueber Froſtbeſtändigkeit der Bauſteine ſiehe:

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

Blümcke, A. Ueber die Beſtimmung der Froſtbeſtändigkeit von Materialien. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 379.

Réſiſtance des matériaux de conſtruction à la gelée. La ſemaine des conſt., Jahrg. 10, S. 201.

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

Blümcke, A. Ueber 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.

17) Ueber natürliche Ventilation und Poroſität von Baumaterialien. Stuttgart 1877.

eine Wand von gleichem Querſchnitt durchdringt. *Lang* beſtimmt die Poroſität durch Sieden der Probeſteine in deſtillirtem Waſſer. Da aber hierbei für manche Steine Zerſplitterung eintritt, welche die Ergebniſſe trübt, ſo verlieſs Verfaſſer dieſes Verfahren, bei welchem man übrigens mit der erwähnten Druckmethode genau gleiche Ergebniſſe erzielt.

Wir geben nachſtehend die Poroſitätsziffern (-Coefficienten) einiger natürlicher Bauſteine.

Granit, belgiſcher, Ste.-Anne	0,05	*L.*[18]	Carrara-Marmor, Blanc clair	0,22	*L.*
» feinkörniger, Tännesberg, Oberpfalz	0,61	*L.*	Schlanderſer Marmor	0,59	*L.*
Granit, grobkörniger, Falkenſtein, Oberpfalz	0,45	*L.*	Pörtſchacher Marmor	0,26	*H.*
Granit von Mauthauſen	0,36	*H.*[18]	Untersberger Marmor	0,27	*H.*
» von Neuhaus	0,06	*H.*	Cippolino di Polcheverra	0,73	*H.*
» vom St. Gotthard	0,04	*H.*	Karſt-Marmor	2,02	*H.*
Syenit von Treutlingen	1,38	*L.*	Wöllersdorfer Stein, härteſte Sorte	0,67	*H.*
Diorit vom Fichtelgebirge	0,25	*H.*	Mannersdorfer Stein	2,25	*H.*
Diabas-Breccie	0,18	*H.*	Margarether Stein	14—21	*H.*
Uebergangsporphyr, Vohenſtrauſs, Oberpfalz	2,75	*L.*	Breitenbrunner Stein	19,3	*H.*
Brauner Labrador-Porphyr	0,29	*H.*	Sollinger Sandſtein	6,9	*L.*
Baſalt	1,28	*H.*	Nebraer Sandſtein I.	25,5	*L.*
Serpentin	0,56	*L.*	Keuper-Sandſtein	16,94	*L.*
Rheiniſcher Dachſchiefer	0,15	*H.*	Grüner Schweizer	7,30	*L.*
Franzöſiſcher Dachſchiefer	0,045	*H.*	Welſchhufer Quaderſandſtein b	15,4	*L.*
Engliſcher rother Dachſchiefer	0,110	*H.*	Rekawinkler Sandſtein	4,03	*H.*
			Franzöſiſcher lockerer Stein	39,8	*L.*
			Kalk-Tuff, Sollinger	32,2	*L.*
			Trachyt-Tuff von Deva	25,07	*H.*

Die Poroſität der Backſteine, welche mit ihrer Druckfeſtigkeit in innigſter Wechſelbeziehung ſteht, iſt von der Natur des zur Erzeugung verwendeten Thones, vom Verhältniſs des Thonſtoffes zu den Magerungsmitteln und vom Grade des Brennens abhängig. Iſt der Thon 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 Thone iſt im Schwachbrande vor dem Fritten nach den vergleichenden Unterſuchungen *Olſchewsky*'s nahezu ganz gleich, nämlich 2,6. Dies giebt 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, dividirt durch das leicht zu meſſende Volum V (in Cub.-Met.), giebt das Gewicht der Volumeinheit $\gamma = \frac{P}{V}$ Kilogramm für 1 cbm.

Das Einheitsgewicht der Backſteinmaſſe zu 2,6 angenommen, ergiebt ſich das geſammte Volum C aller Hohlräume

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

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

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

[18] *L.* = *Lang*, *H.* = *Hauenſchild*.

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

γ	$C = \left(1 - \frac{\gamma}{2600}\right) 100$	$C' = \frac{100000}{\gamma}\left(1 - \frac{\gamma}{2600}\right)$
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.	Procent.	Procent.

Thatſächlich bewegen ſich auch die Volumgewichte, mit Ausnahme der erſten Columne, zwiſchen den hier angeführten Grenzen und in Folge deſſen auch die Hohlraum-Procente. 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[19]).

Das Einheitsgewicht der gefloſſenen Scherben iſt kleiner, als das der poröſen nicht gefloſſenen, in Folge der Umwandelung des Quarzgehaltes von 2,7 Einheitsgewicht in Opal von 2,2 Einheitsgewicht bei ca. 1000 Grad. Da nun dieſer ſehr verſchieden iſt, ſo wechſeln auch die Einheitsgewichte der Klinker etc. bedeutend, und es iſt hier das Einheitsgewicht deutlich mit der Feſtigkeit wachſend. Klinker von 2,25 Einheitsgewicht haben z. B. 700 kg, ſolche von 2,56 Einheitsgewicht 3704 kg Druckfeſtigkeit für 1 qcm.

Für techniſche Poroſitäts-Beſtimmungen genügt das in den Conferenz-Beſchlüſſen über die Froſtbeſtändigkeit angegebene Verfahren.

22. Härte.

Die Härte iſt mineralogiſch vom Härtegrade der Hauptbeſtandtheile des Geſteines abhängig und kann mittels der *Mohs*'ſchen Härte-Scala nur bei ſolchen Steinen beſtimmt werden, die aus einem einzigen Mineral beſtehen. Praktiſch und techniſch wird jedoch Härte ſtets je nach der verſchiedenen Beanſpruchung beurtheilt, und man unterſcheidet demnach die Bohrhärte oder Gewinnungshärte, die Arbeitshärte und die Abnutzungshärte, über deren Beſtimmung ſchon in Art. 15 bis 17 (S. 71 bis 75) das Nöthige mitgetheilt worden iſt.

23. Sprödigkeit und Zähigkeit.

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 Beurtheilung kommt.

Beſondere Wichtigkeit gewinnt die Zähigkeit bei der Beurtheilung von Pflaſter- und Schottermaterialien. Nach dem Vorſchlage von *Dietrich*[20]) hat die Münchener Conferenz die Verwendung von Drehtrommeln empfohlen, die mit dem Verſuchsmaterial gefüllt werden und durch Schlagwirkung und Abſchleifung die Wirkung der thatſächlichen 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.

24. Schönheit.

Es wurde bereits bei der Formbarkeit der natürlichen Bauſteine angedeutet, daſs ſie in gewiſſen Fällen auch als äſthetiſche Eigenſchaft auftreten kann. Im All-

19) Ueber Poroſität der Bauſtoffe ſiehe auch:
Lang, C. Ueber 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.

20) Siehe: Die Baumaterialien der Steinſtraſsen. Berlin 1885.

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

Beim natürlichen Bauſtein kommt hier zuerſt die Structur in Frage. Je nach dem Zwecke, der verfolgt werden ſoll, wird äſthetiſche Wirkung durch grobkörniges, maſſig und felſenhaft wirkendes Geſtein erzielt, oder es wird das Weiche der feinkörnigen Structur, namentlich in Verbindung mit Luſtre 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 Decoration 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. Wir laſſen uns den Cult der ſchönen Steine meiſt beeinträchtigen durch die Geldfrage, und da wir trotzdem dem Zuge des Schönen folgen möchten, ſo verwenden wir wenigſtens Surrogate — Materialien mit ähnlichen Eigenſchaften, wie die edlen Steine.

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 Beſtandtheile möglichſt gleiche mineralogiſche Härte beſitzen und welche noch keinerlei Zerſetzung erlitten haben. Letzteres iſt beſonders bei Granit und Porphyr in das Auge zu faſſen.

25. Geſtalt und Abmeſſungen.

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 Erſparniſs an den Herſtellungskoſten des Mauerwerkes, in zweifacher Geſtalt zur Anwendung:

1) als Bruchſteine, d. i. entweder in der im Steinbruch erlangten zufälligen Form oder unter Bearbeitung der Lagerflächen — lagerrecht bearbeitete Bruchſteine[21]); und

2) als regelmäſsig (durch den Steinmetz) bearbeitete Bauſteine, welche, wenn ſie gröſsere Abmeſſungen haben und ihre Lager- und Stoſsflächen ganz regelmäſsig zu gehauen, bezw. zugefägt ſind, Werkſtücke, Werkſteine, Schnittſteine, Hauſteine oder Quader heiſsen, ſonſt aber Schichtſteine[22]) genannt werden mögen.

Die Abmeſſungen der natürlichen Bauſteine ſind zunächſt durch die Art des Verſetzens 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 als 25 cm Schichtenhöhe; überhaupt wird ihre Gröſse gewöhnlich ſo bemeſſen, daſs

---

21) In einem Theile Sachſens und a. O. heiſsen ſolche Steine bei gröſseren Abmeſſungen »Grundſtücke«, bei kleineren »Hurzeln«.

22) Für das »Handbuch der Architektur« wurde die Bezeichnung »Schichtſtein«, welche in einigen Theilen Deutſchlands üblich iſt und auch von *Houſſelle* (Deutſche Bauz. 1878, S. 14) empfohlen wurde, angenommen. Dieſelben wurden unter die Hauſteine eingereiht, weil ſie an der Anſichtsfläche und dem vorderen Theile 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 Theile des weſtlichen Deutſchlands »Moellons« geheiſsen wird. Statt der letzteren Bezeichnung wurde das Wort »Schichtſteine« gewählt.

die gröfsten Steine von 2 Mann mit den Händen ohne mechanifche Hilfsmittel gehoben und verlegt werden können. Sonft ift der Gröfse der Steine durch die Möglichkeit der Beförderung und durch die Leiftungsfähigkeit der Hebemafchinen eine Grenze gefteckt. Des Weiteren find die Abmeffungen der Baufteine auch noch von der Mächtigkeit der betreffenden Gebirgsfchichten im Steinbruch abhängig.

Die Geftalt und die Abmeffungen der künftlichen Baufteine hängen von dem Zwecke, zu dem fie beftimmt find, von ihrer Natur und Herftellung ab. Sämmtliche keramifchen Baufteine erhalten ein kleines Format, damit fie beim Brande leicht homogen ausfallen. Betrachten wir an diefer Stelle nur die zur Ausführung gewöhnlicher Mauern benutzten Backfteine, fo ift die parallelepipedifche Geftalt die allgemein übliche. Zweckmäfsige Abmeffungsverhältniffe entftehen, wenn, mit Rückficht auf die Dicke der Stofs- und Zwifchenfugen, die Länge der Steine nicht genau ein Vielfaches der Breite bildet, fondern 2 Steinbreiten plus Fugendicke die Steinlänge ausmachen.

Einige theils gefchichtliche, theils gegenwärtig übliche Formate von Mauerfteinen find folgende: 26. Mauerftein-Formate.

Backfteine in:	Länge	Breite	Dicke	Nach:
Aegypten	410	200	100—130	*Adler*
Rom	212	212	40	*Chabat*
	445	445	50	
	594	594	55	
	457	305	44	*Gloffary of architecture*
Frankreich — Bourgogne	220	107	55	*Demanet*
Montereau und Solins	220	107	48—50	
Sarcelles	210	95	50	
Paris	220	107	44—45	
England — London und Umgebung	228,6 (9 Zoll)	114,3 ($4^1/_2$ Zoll)	63,5 ($2^1/_2$ Zoll)	
Amerika — Neu-England, Nord	225	114	66,5	Deutfche Töpfer- u. Ziegler-Zeitung
» » , Süd	219	114	63,5	
New-Jerfey	222	98,5	60	
New-York	219	105	66,5	
Pennfylvanien	228	114	57	
Südftaaten	241	117,5	66,5	
der Schweiz	250	120	60	Vom Schweiz. Arch.- u. Ing.-Verein 1882 angenommen
Holland — Utrecht	220	105	50	*Teirich*
Yffel	160	75	40	
Friesland	170	80	40	
Schweden	250	120	65	Von fchwed. Fachvereinen 1881 feft gefetzt
Oefterreich (in Wien gefetzliches Format)	290	140	65	
Bayern [23]	320—340	160—162	60—67	
Deutfchland — Normal-Backfteinformat [24]	250	120	65	Verband deutfcher Architekten- und Ingenieur-Vereine
	Millimeter			

Näheres über Geftalt und Abmeffungen der Baufteine fiehe in Theil III, Band 1 (Abth. I, Abfchn. 1: Conftructions-Elemente in Stein) diefes »Handbuches«.

23) In der »Allgemeinen Bauordnung vom Jahre 1877« ift in allen Beftimmungen über Mauerftärken ein Ziegelformat von 30 cm Länge zu Grunde gelegt.

24) In Preufsen für Staatsbauten vorgefchrieben.

b) Natürliche Bauſteine.

Die wichtigeren natürlichen Bauſteine — ihrem Werthe, ihrer Verwendung und ihrer Feſtigkeit nach — ſind in Auswahl etwa die folgenden [25]).

1) Maſſige Silicat-Geſteine.

27. Geſteinsarten.

Granit. Vornehmſtes Material der Monumental-Architektur. Als Säule, Piedeſtal, Treppenſtufen, Wandverkleidung, Waſſerrinnen, Brunnenſchalen, Pflaſterſteine etc. Gröſste Abmeſſungen zu gewinnen. Roſenrother Granit in Aegypten (Material zu den Obelisken); rother ſchwediſcher Granit von Ramnäs etc.; Glacial-Findlinge in Norddeutſchland; rother und grauer Granit in Schottland; ſchleſiſcher vom Streitberg bei Striegau; ſächſiſcher von Kamenz, Königsbrück, Schmölln, Bautzen etc.; Granit von Nabburg in Bayern, von Weiſsenſtadt im Fichtelgebirge, Ruhla im Thüringer Walde; grauer, ſchwarz-weiſs-roth geſprenkelter Granit im badiſchen Schwarzwald; öſterreichiſcher Granit von Neuhaus, Schärding, Mauthauſen, Hamberg etc.; Baveno in der Lombardei etc. Beſitzt, wenn aus geſunden Brüchen ſtammend, gröſste Dauer, beſonders jener mit weiſsem Orthoklas und vielem Quarz bei feinem Korn; gelbliche, roſtige Farbe deutet auf Zerſetzung hin.

Syenit. Weicher, aber zäher als Granit wegen mangelnden Quarzes; prächtigere Politur und Farbe (roth und grün), als der Granit. Uddevala in Schweden, Reichenbach an der Bergſtraſse, Plauenſcher Grund in Sachſen, Fichtelgebirge etc. Verwendung wie Granit.

Gabbro *(Verde di Corſica)*. Prächtige Politur, grün und bläulich ſchillernde Färbung, Dauerhaftigkeit geringer im Freien; beſonders zu Wandbelegplatten und Tiſchplatten; *Pietro-duro*-Moſaik (Laurentiniſche Capelle in Florenz). Radauthal und Oderkrug im Harz, Frankenſtein in Schleſien, Zobtenberg in Schleſien (daher auch Zobtenfels), auf Corſica, zwiſchen Genua und Savona, Florenz, Prato etc.; meiſt mit Serpentin vorkommend. Als Labrador-Granit von Adolfſiſta (Norwegen) eingeführt durch *Keſſel & Röhl* in Berlin.

Diorit und Diabas (Grünſtein, Trapp). Zähe, dunkle Silicat-Geſteine, vorzüglich politurfähig, aber ſchwer zu bearbeiten. Paſſendes Material für Denkmäler, ausgezeichnetes Pflaſter- und Schottermaterial. Kyffhäuſer, Roſstrappe am Harz, Ochſenkopf im Fichtelgebirge, Böhmerwald, Klauſen in Südtyrol. Diorit ſtets dauerhafter als Diabas, letzterer lichter, meiſt mit Salzſäure brauſend (von zerſetztem Kalkfeldſpath) und ſchwer zu poliren.

Porphyr. Sehr verſchieden in Zuſammenſetzung und Verwendung. Varietäten:

Rother Felſit-Porphyr, auch Hornſtein-Porphyr; höchſt dauerhaft und ſehr ſchön und wirkungsreich, politurfähig, ſchwer bearbeitbar. Aegypten.

Porphyrit; ohne Quarz, roth oder kaſtanienbraun; *Porfido roſſo antico,* koſtbarſter antiker Stein vom Dſchebel Dokhan in Aegypten.

Grünſtein-Porphyr und Labrador-Porphyr; je nach Vorwalten von Augit- oder Labrador-Ausſcheidungen grün oder braun mit blauem Schillerglanz. *Porfido verd'antico* der Kunſtgeſchichte.

Augit-Porphyr oder ſchwarzer Porphyr; vorwaltend Augit in dunkler Grundmaſſe ausgeſchieden enthaltend. *Porfido ner'antico.* Wenn friſch, ausgezeichnet zu ornamentaler Architektur, aber auch nur dann; auch vorzügliches Pflaſtermaterial. Quenaſt in Belgien, Porphyrwerk Elfdalen in Schweden, Porphyr-Schleifwerke Koliwemsk und Jekaterinenburg in Ruſsland, Rothenberg a. d. Ruhr, Harz bei Elbingerode, Südtyrol, Tharand und Freiberg in Sachſen.

Trachyt. Rauhwandig-porös-zellig, ausgebildeter jüngerer Porphyr; ausgezeichneter leichter Bauſtein zu Maſswerken, bald mit Quarz (Rhyolith), bald ohne Quarz (eigentl. Trachyt). In friſchen und kleinkörnigen Ausbildungen mit wenig Feldſpath-Kryſtallen ausgezeichnet dauerhaft; die alterirten feldſpath- und augitreichen Sorten ſehr verwitterbar (älterer Cölner Dom). Siebengebirge am Rhein, Eifel, Szobb und Bogdany in Ungarn etc.

Dolerit und Baſalt. Schwarze, feinſtkörnige, dichte Augit-Geſteine. Gröſste Zähigkeit und Tragfähigkeit, ſchwerſte Formbarkeit aller Geſteine, nur nach zufälligen, ſäulenförmig polyedriſchen Abſonderungen. Als höchſt dauerhafte Straſsenwürfel, Thürgewände, Treppenſtufen, Waſſerbauten etc. (Unkelſtein). Guter Wärmeleiter, daher feucht kalte Mauern gebend. Am Rhein häufig, bei Linz, Oberkaſſel, Andernach, Vogelsgebirge, Eifel, am Meiſsner, im böhmiſchen Mittelgebirge etc.

Lava. Trachyt- (lichte) und Baſalt- (dunkle) Lava. Höchſt ſchwammig-porös (Bimsſtein), dann zu Kuppelbauten (Hagia Sophia in Conſtantinopel); dicht als Pflaſter von Neapel, Venedig, Padua; dichte Lava zu Statuen. An allen Vulcanen.

---

[25]) Ausführlicheres in des Verfaſſers: Katechismus der Baumaterialien. Theil 1: Die natürlichen Bauſteine. Wien 1879.

Serpentin. Dunkelgrüner, politurfähiger Decorationsſtein; ſehr dauerhaft, wenn ohne urſprüngliche Klüfte, zäh aber weich. Auch als feuerfeſter Bauſtein. Zöblitz in Sachſen, Oberpfalz bei Erbendorf und Wernburg, Frankenſtein in Schleſien, Kraubat in Steyermark, Graubündtner und Walliſer Alpen, Suſa, Aoſta, Prato.

28. Gewicht und Feſtigkeit.

Ueber das Eigengewicht und die Druckfeſtigkeit mehrerer hierher gehöriger Geſteinsarten giebt die nachſtehende Tabelle Aufſchluſs:

Geſteinsart	Eigengewicht	Druckfeſtigkeit	Nach:	Bemerkungen
	Kilogramm für 1 cbm	Kilogramm für 1 qcm		
Granit von Neuhaus	2570	1160	Ung. Bauz.	
» » Mauthauſen	2590	1750	*Haniſch*	
» » Hennberg	2620	1169	*Bauſchinger*	
» » Riedbach bei Schärding	2700	1770	»	
» » Nabburg	2300	1500	»	Hoch- und Tiefbau
» » Reuth bei Gefrees	2800	1600	*Böhme*	Luther-Denkmal in Worms Reichstagshaus zu Berlin
» » Oberſtreit	2600	1755	»	Jannowitz-Brücke zu Berlin
» » Strehlen	3024	2348	»	Reichstagshaus zu Berlin
» » Häslich bei Biſchheim	2823	1227	»	Techniſche Hochſchule zu Charlottenburg, Stadtbahn zu Berlin
» » Meiſsen	2577	1679	»	Siegesdenkmal zu Berlin
Syenit, ſächſiſcher	2660	1200	»	
Diorit von Wiſchkowitz bei Marienbad	2850	2780	*Haniſch*	
» » Steinburg, Pfalz	2800	1580—1730	*Bauſchinger*	
» » Fichtelberg	2970	2080		Hochbau
Gabbro von Nonndorf	2700	2356	*Haniſch*	
» » Harzburg	3020	1764—1813	*Böhme*	Straſsenbau
Porphyr von Branzoll bei Botzen	—	2084	*Haniſch*	
» » Elbingerode	—	2400	*Böhme*	Erſatztafeln zu Grabdenkmälern
» » St. Quenaſt	2730	525	»	
Quarz-Trachyt, ungariſcher	2300	1542	Ung. Bauz.	
Granat-Trachyt	2680	1492	» »	
Andeſin-Quarz-Trachyt	2540	1234	» »	
Stenzelberger Trachyt	2250	930	*Böhme*	CölnerDom, Chor zu Haiſterbach
Dolerit	2800	880	*Winkler*	
» von Lollar	2560	343		Dom zu Limburg, Regierungsgebäude zu Caſſel
Baſalt von Neuſtadt a. S.	—	3700		Thurm zu Groſs-Steinheim
Augitgeſtein von Dietesheim (Baſalt)	2900	2160		
Melaphyr	2650	628	*Winkler*	
Serpentin	2560	840	»	
Baſalt-Lava von Königswinter	—	552	*Böhme*	Sockel am Cölner Dom

2) Schieferige Silicat-Geſteine.

29. Geſteinsarten.

Gneiſs. Die ſchieferige Ausbildung des Granits. Verwendung als Plattenſtein und Quader, dünnſchieferiger zur Dachdeckung. Centralmaſſe aller älteren Gebirge.

Granulit (Weiſsſtein). Gneiſs ohne Glimmer, in Gneiſs und Granit vorkommend und übergehend. Zu Trottoir- und Treppenſteinen; wegen geringeren Quarzgehaltes weniger dauerhaft als Granit.

Glimmerſchiefer. Dünnſchieferig-faſeriges Quarz-Glimmergeſtein; in quarzreichen Varietäten als Pflaſterplatten und zu feuerfeſten Zwecken. Vorkommen in allen älteren Schiefergebirgen.

Chloritſchiefer. Grüngrauer Schiefer mit Seidenglanz; grüner franzöſiſcher Dachſchiefer von Rimogne; ſehr geſucht, weil haltbar und decorativ günſtig zu den ſchwarzen belgiſchen und rheiniſchen Schiefern paſſend. Groſsglockner.

Phyllit (Grauwacken-Schiefer oder Thonglimmer-Schiefer). Dunkel, feinkörnig mit perlmutter-seidenglänzender Fläche. Als Plattenſtein, Kamineinfaſſung, Billard- und Fuſstafel; lackirt als Marmorflies-Imitation und als Dachſchiefer. Belgien, Angers, ſchottiſche Dachſchiefer.

Thonſchiefer (eigentlich ein Trümmergeſtein, alſo nicht urſprüngliche Bildung, aber techniſch untrennbar ſich hier anſchlieſsend). Das wichtigſte Dachdeckungsmaterial, beſchäftigt nach *Callot* jährlich in Europa über 20000 Menſchen[26]). Nordwales, und zwar Port Madoc, Feſtiniog, Port Penrhyn, Carnarvon, Bangor, Llanberris[27]), Thüringen bei Leheſten und Schwarzburg, am Rhein bei Oberweſel und Andernach, am Taunus bei Weilenmünſter und Steinmünſter, an der Ruhr bei Siegen und Nutlar, in Mähren bei Dorfteſchen, Dürſtenhof und Wald-Olbersdorf. (Prüfung auf die Güte des Dachſchiefers ſiehe unter e.)

30. Gewicht und Feſtigkeit.

Ueber das Eigengewicht und die Druckfeſtigkeit mehrerer hierher gehöriger Geſteinsarten giebt die nachſtehende Tabelle Aufſchluſs:

Geſteinsart	Eigengewicht	Druckfeſtigkeit	Nach:	Bemerkungen
	Kilogramm für 1 cbm	Kilogramm für 1 qcm		
Gneiſs	—	870	*Winkler*	
» von Bensheim	2840	2027		Kaiſer-Wilhelm-Brücke zu Berlin
Grauwacke von Goslar	—	980	*Böhme*	
» » Beyenburg				
parallel zum Lager . . .	—	1650	»	
ſenkrecht zum Lager . .	—	1459	»	
Chloritſchiefer	—	760	*Winkler*	
Lenneſchiefer von Uelfethal				
parallel zum Lager . . .	—	1534	*Böhme*	
ſenkrecht zum Lager . .	—	1980	»	

3) Carbonat-Geſteine.

31. Geſteinsarten.

Kryſtalliniſcher Kalk, Marmor. Deutlich kryſtalliniſch, ausgezeichnet durch Polirbarkeit, Luſtre und Farbe.

Statuen-Marmor; auſser den antiken, kunſtgeſchichtlich intereſſanten penteliſchen, hymettiſchen, pariſchen (deren Brüche zu den atheniſchen Neubauten dieſes Jahrhunderts wieder aufgedeckt und ausgebeutet wurden), luniſchen, Grecchetto etc. und dieſe an Werth erreichend und ſogar übertreffend iſt in erſter Linie der von Carrara. Der edelſte (*Statuario di Falcovaja*) koſtet bis 1600 Mark für 1 cbm. Es giebt nahezu ein Dutzend Abſtufungen davon nach Luſtre, Reinheit, Korn, Färbung etc. bis zu einem Preiſe von 75 Mark herab[28]).

Als Statuen-Marmor dieſem zunächſt ſtehen die weiſsen Marmore von St.-Beat in der Haute-Garonne, von Laas, Göflan und Schlanders in Südtyrol.

Weiſse, grobkryſtalliniſche Marmore liefern Sterzing in Tyrol, Kraſsthal, Gummern, Treffen, Pörtſchach in Kärnten, Saubsdorf, Setzdorf, Prieborn in Schleſien etc. Der Onyx-Marmor Aegyptens, Perſiens und Mexicos iſt gelblich gewölkt und gebändert, ſehr koſtbar wegen Structur und Luſtre.

Architektur-Marmore ſind politurfähige, dichte Kalke von verſchiedenſten Farben. Heute ſind die bekannteſten:

α) Weiſslich-graugelbe. *Mischio di Seravezza*, ſehr geſucht zu Säulen; Eichſtädter, Pappenheimer, Kelheimer, Adnether Kirchenbruch und Untersberger bei Salzburg. Karſt-Marmor von Nabreſina, Griſignano, Belvoye im franz. Jura etc. Auch als Façaden-Quader geſchätzt[29]).

β) Grau-ſchieferblau-ſchwarze. *Granit belge*, Arnsberger Marmor, Neubayerner Granit-Marmor, *Lilas belge*, blauer von Staremma, *Bleu de Saulme*, *Bleu belge*. Paragone von Reppen-Tabor, ſchönſter tief-

26) Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1872, S. 136.

27) Wolf, H. Die Steinwaaren. Wien 1876.

28) Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1872, S. 136 ff.

29) Das Lob, das wir a. a. O. bei dieſer Gruppe dem Medolino- und Caſtillieri-Kalke bei Pola gezollt, müſſen wir nach neueſter eigener Erfahrung ſehr einſchränken; ſie nehmen bei uns in kürzeſter Zeit Staubkruſten und Vegetation an. — Der Belvoye-Marmor wird in unſerem Klima im Freien bald blind, verliert die Politur und wird an der Oberfläche bröckelig.

chwarzer, Portor von Porto venere ſchwarzgelb, *Noir français,* *elge* von Namur, Golzines, Theux, Ste.-Anne; Köflach und Salla in Steiermark, Krzezowice in Galizien. Die ſchwarzen Marmore werden im Freien in kurzer Zeit blind.

γ) Gelb-braune. *Serancolin* von Bigone, edelſter franzöſiſcher Säulen-Marmor; *Giallo di Siena, di Bologna, di Mori* und *di Caſtione,* letztere zwei in Südtyrol. *Jaune St. Beaume, Torri* (gelb und roth), Kunzendorf in Schleſien. *Griotte Campan,* böhmiſche Silur-Kalke, *Bruno di Caſtione* in Südtyrol.

δ) Rothe. Die Zahl iſt ungemein groſs. *Marmo africano*, der edelſte, *Forito africano, Beau Languedoc,* Blankenburger am Harz, *Rouge ſanguin* vom Departement Herault; belgiſche: *Rouge impérial, Rouge royal,* Kaufungen, Poppenberg, Hallſtadt; Adnether, Schneelbruch, Lienbacher-, Motzau-, Langmoos-, Domberger Tropf- und Scheck-Marmor; Naſſauiſcher Marmor aus Diez. *Roſſo di Trento, di Roveredo, di Sardagna. Violet d'Alep, Violetto di Serravezza.*

ε) Grüne. *Cippolino di Polcheverra. Vert des Alpes,* eine Sorte Poppenberger.

Dichte Kalke. Von dieſen, welche nicht mehr politurfähig ſind und hauptſächlich als Hau- und Bruchſteine dienen, ſind am bekannteſten: der Rüdersdorfer Muſchelkalk, Solenhofener Lithographieſtein, Portlandſtein Englands. Je nach der Zunahme der Poroſität gehen viele dichte, beſonders jüngere Steine in einem Bruch in poröſe über, ſo daſs z. B. im Wiener Becken und im Pariſer Becken bloſs eine Theilung nach der Poroſität und Feſtigkeit in harte, halbharte und weiche Steine beſteht.

Poröſe Kalkſteine. Die Leitha-Kalke des Wiener Beckens und die Grobkalke des Pariſer Beckens ſind hier die wichtigſten. Harte Leitha-Kalke ſind: Wöllersdorfer, Mannersdorfer, Kaiſerſtein, Hundsheimer, Oszloper; mittelharte: von den vorigen Orten und von Kroisbach, Eiſenſtadt, Mühlendorf, Lindabrunn; weiche: Margarether, Breitenbrunner, Stotzinger, Loretto, Zogelsdorfer, Mokritzer (Krain), Vinica (Kroatien) etc. Die harten dienen zu Sockelquadern, Treppenſtufen, die mittelharten zu Quadern an höheren Geſchoſſen und Geſimſen, die weichen beſonders zu ornamentalen und figürlichen Arbeiten, Maſswerken etc. Im Pariſer Becken dienen ähnlichen Zwecken die harten Steine des Grobkalkes und Nummuliten-Kalkes, die *Liards* von St.-Denis, Compiègne, St. Leu, die *Liais* von Vaugirard und Bagneux etc., die mittelharten *Bancs royaux* von Conflans-Ste.Honorine, Neuilly, Gentilly, die *Lembourdes* und *Vergelés* von der Oiſe, der *St. Nom* an der Aisne, der *Cliquart* von Nanterre, die weichen eigentlichen Pariſer-Steine, das Material zum Pariſer En-bloc-Bau, der *Roche de Paris.* Andere poröſe franzöſiſche Steine, welche häufig exportirt werden, ſind die berühmten Oolithe von Caën und Raviers, die *Bancs royaux* von Tonnerre, Morlay in Lothringen, die werthvollen Oolithe von Savonnières und Metz, der *Jaumont* von Metz, der Korallen-Kalk von Euville, *Bancs vergelés et royaux* von St. Vaaſt; der Oolith von Arco in Südtyrol. Die meiſten Oolithe, beſonders die von Savonnières, Caën, Arco bieten ausgezeichnetes Bildhauermaterial. Der römiſche Travertin (Koloſſeum, Peterskirche) iſt ein Kalk-Tuff, wie überhaupt die Kalk-Tuffe auch bei uns an vielen Orten ein leichtes, dabei gleichmäſsiges, höchſt ſchätzbares Material für Gewölbe bilden; Maſtrichter Kreide-Tuff. Die Nummuliten-Kalke ſind die verbreitetſten aller Bauſteine der alten Welt.

Dolomit. In körnig-kryſtalliniſcher und in zelliger Ausbildung (Rauhwacke); giebt, wenn unzerklüftet, ein eben ſo gutes Baumaterial wie Kalk; nur in groſsen Städten greift ihn die ſchwefelige Säure des Steinkohlenrauches an (Parlamentshaus in London).

Magneſit. Wird in den Alpen (Admonter Münſterkirche) als Marmor, Pignolienſtein, benutzt.

32. Gewicht und Feſtigkeit.

Ueber das Eigengewicht und die Druckfeſtigkeit mehrerer hierher gehöriger Geſteinsarten giebt die nachſtehende Tabelle Aufſchluſs:

Geſteinsart	Eigen-gewicht	Druck-feſtigkeit	Nach:	Bemerkungen
	Kilogramm für 1 cbm	Kilogramm für 1 qcm		
Carrara-Marmor	2700	267(?)	*Brix*	
Weiſser Statuen-Marmor von St.Beat	—	641	*Rondelet*	
Schwarzer belgiſcher Marmor . .	—	709	»	
Karſt-Marmor	2580	510	*Rebhann*	
Paragone von Reppen-Tabor . .	2650	438	»	
Dolomit von Buchberg	2900	1300	*Bauſchinger*	
» » Vorwohle	2700	871		
Rüdersdorfer Kalkſtein	—	250	*Bauſchinger*	Juſtizgebäude zu Hamburg
Wöllersdorfer Kalkſtein, Fiſchau .	2420	790	»	

Gesteinsart	Eigengewicht	Druckfestigkeit	Nach:	Bemerkungen
	Kilogramm für 1 cbm	Kilogramm für 1 qcm		
Kaiserstein, blauer	2570	1115	*Rebhann*	
Mannersdorfer Stein	2380	926	»	
Hundesheimer Stein	2540	505	»	
Oolith, Liais du Lareys	2300—2400	300—400	*Michelot*	
» von Ilberstedt	2690	1368	*Böhme*	Potsdamer Bahnhof zu Berlin
» » Maizières bei Metz	1911	270	»	Kathedrale zu Metz
Roche de Senlis, Grobkalk	2200—2300	250—300	*Michelot*	
Roche d'Euville	2300—2400	300—350	»	
Mühlendorfer	2460	307—564	*Rebhann*	
Banc royal de St. Vaast	1650	50—80	*Michelot*	
Banc royal de Savonnières	1750	80—100	»	
Banc royal de Conflans	1700	85	»	
St. Margarether Stein	1680	75—302	*Rebhann*	
Breitenbrunner Stein	1660	99	»	Rathhaus zu Wien.
Eggenburg-Zogelsdorfer	1700	67—302	»	Stefans-Dom zu Wien.
Loretto-Stein	1630	96	»	
Travertino von Rom	—	298	*Rondelet*	
Lambourd von Gentilly	—	65	»	
Kalkschiefer von Solnhofen	—	300	*Böhme*	Architektenhaus zu Berlin
Muschelkalk von Rüdersdorf	2280	471—523	»	Stettiner Bahnhof zu Berlin
Kramenzelkalk von Grevenbrück	2700	1722	»	Universität zu Königsberg
Kohlenkalk von Walheim	2500	450	»	Dom und Rathhaus zu Aachen
Offenstetter Kalk	2212	403	»	Bildhauerarbeiten
Kelheimer Jura-Kalk	2270	624	»	Walhalla und Dom zu Regensburg

4) Trümmer- oder klastische Gesteine.

33. Gesteinsarten.

Conglomerat, aus abgerundeten, und Breccie, aus eckigen Trümmern zusammengekittet, hat die Eigenschaften der ursprünglichen Gesteine und des Bindemittels zugleich. In allen Formationen sehr verbreitet neben Sandstein.

Sandstein. Ist bei quarzigem, kalkigem und eisenschüssigem Bindemittel ein vortrefflicher Baustein. Buntsandstein in Württemberg, Franken, Rheinhessen (Oppenheim, Worms, Mainz etc.), Rheinpfalz, Elsass, Baden etc., das Baumaterial der rheinischen Städte[30]). Solinger Platten; Keuper-Sandstein von Hall, Heilbronn, aus der Umgegend von Stuttgart, hauptsächlich dort als Baustein verwendet; Deister-Sandstein, vorwiegend in Hannover gebraucht. Quader-Sandstein, auch Elb-Sandstein von Pirna, Cotta, Königstein etc., Pläner-Sandstein in Böhmen; Grün-Sandstein in Bayern; Macigno in Triest und Oberitalien; Molasse-Sandstein in der Schweiz und Frankreich; Wiener Sandstein und Karpathen-Sandstein; nur die besseren Sorten der drei letzteren sind zu empfehlen, wegen des mergeligen Bindemittels, wie denn überhaupt der Sandstein bei wichtigen Verwendungen vorsichtig geprüft werden soll.

Tuff. Ausgezeichnetes, poröses, leichtes und dauerhaftes Façaden-Verkleidungsmaterial. Bims-Tuff besonders im Vulcangebiete der Campagna und von Neapel als *Piperino* und *Piperno* grosartig ausgebeutet; eben so der Tuff von der Umgebung des Laachersees, besonders der von Weibern im Brohlthal (Façadenstein am Rhein und in Berlin). Ungarn und Siebenbürgen besitzen vortreffliche Trachyt-Tuffe feinsten Kornes (Burg Waida Hunyad). Gegenüber den porösen Kalken, mit denen die Tuffe an Leichtigkeit, Formbarkeit und Dauerhaftigkeit in Wettbewerb treten, haben sie den Vortheil grösserer Gleichmässigkeit des Kornes und geringerer Aufnahmefähigkeit von Flechten-Vegetation, so wie der Annahme warmer Farbentöne durch Oxydirung ihres Eisengehaltes.

34. Gewicht und Festigkeit.

Ueber das Eigengewicht und die Druckfestigkeit mehrerer Sandsteinsorten giebt die nachstehende Tabelle Aufschluss:

[30]) Die Monumental- und Profanbauten der meisten Städte im südwestlichen Deutschland sind aus diesem wichtigen Baustoff ausgeführt. Erinnert sei hierbei an die Dome zu Mainz und Speier, an die Münster von Strafsburg, Freiburg und Basel, an die öffentlichen Bauten von Mainz, Frankfurt a. M., Mannheim, Aschaffenburg, Würzburg, Karlsruhe, Stuttgart, Strafsburg etc.

Gesteinsart	Eigengewicht	Druckfestigkeit	Bemerkungen
Buntsandstein von Durlach	2350	551—821	Generaldirections-Gebäude zu Karlsruhe
» » Lahr	2170—2200	674—733	Rheinbrücke bei Kehl
Sandstein von Gernsbach	2230—2350	760	Niederwald-Denkmal
Buntsandstein von Wertheim	2250	820	Dom zu Frankfurt, Rathhaus zu Nürnberg
Grünsandstein von Abbach	2180—2240	367—524	Festungsbauten zu Ingolstadt
Buntsandstein von Kronach	2010	414—444	Technische Hochschule zu München
» » Miltenberg a. M. .	2070	940	Hoch- und Tiefbau
Keupersandstein von Baierfeld-Cölln (Pfalz) .	1977	672	Hauptbahnhof zu Frankfurt a. M., Kaiserpalast zu Strafsburg
Kohlensandstein von Lauterecken . .	2117	707	Kaiserpalast zu Strafsburg
Quadersandstein von Blankenburg . .	2042	247—261	Rathhaus zu Hamburg
Buntsandstein von Danndorf	2422	660—1253	Anhalter Bahnhof zu Berlin
Hilssandstein von Detmold	2224	722	Cölner Dom, Nikolai-Kirche
Quadersandstein von Bunzlau	1966	648	Reichstagshaus und Hotel Monopol zu Berlin
» von Cudowa (Heuscheuer)	2329	1415	Reichstagshaus und Herkules-Brücke zu Berlin
Buntsandstein von Bumbry-Emden . .	2406—2423	787—826	Hoch- und Tiefbau
Dyassandstein von Seehausen	1924	349	Dom zu Magdeburg, Hauptpostgebäude zu Berlin
Sandstein von Wefensleben	2052	293	Schlofs Sans-Souci zu Potsdam
Kohlensandstein von Wefensleben . .	—	467	Kgl. Schlöffer zu Berlin und Potsdam
Wealdensandstein von Springe . . .	2420	522—753	Gebäude des Cultusministeriums zu Berlin
Kohlensandstein von Osterholz bei Stadthagen	2217	687	Domthürme, Rathhausvorhallen zu Cöln, Münster zu Ulm
Buntsandstein von Trier	2500	450	Justizpalast zu Aachen
» » Trier	—	[1])473—476 [2])618	Postgebäude zu Aachen und Cöln
Liassandstein von Burgpreppbach . .	2030	758	Rathhaus zu Hamburg, Münster zu Ulm
Quadersandstein von Pirna	2200	550	Bismarck-Brücke zu Halensee bei Berlin
» » Dresden	2330	325	National-Galerie und Reichstagshaus zu Berlin
Seeberger Liassandstein von Gotha . .	—	634	Dom zu Erfurt, Reichsbank und Reichstelegraphenamt zu Berlin
Keupersandstein von Heilbronn . . .	1967	633	Neue Börse, Hauptbahnhof zu Frankfurt a. M.
Obernkirchner Sandstein	2217	687	Münster zu Ulm, Cölner Dom
Nebraer Buntsandstein	—	369	National-Galerie zu Berlin
Udelfanger Buntsandstein	—	476	Ständehaus zu Düsseldorf, Justizpalast zu Cöln
Cottaer Quadersandstein	—	207	Dresdener Bauten
Postaer Quadersandstein	2200	550	Bismarck-Brücke bei Berlin
Postelwitzer Quadersandstein	2330	325	Brandenburger-Thor und National-Galerie zu Berlin
Welschhufer Quadersandstein	2300	350	Dresdener Bank
	Kilogramm für 1 cbm	Kilogramm für 1 qcm	

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 Bauſtein-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 Dichtheit einiger Elbſandſteinarten 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. *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, *Architect,* Bd. 29, S. 42.

Kosmann, B. Die Marmorarten des Deutſchen Reichs. Berlin 1888.

Krüger, R. Die natürlichen Geſteine, ihre chemiſch-mineralogiſche Zuſammenſetzung, Gewinnung, Prüfung. Bearbeitung und Konſervirung etc. Wien, Peſt und Leipzig 1889.

Gary, M. Die deutſchen natürlichen Bauſteine in Bezug auf ihre Feſtigkeit und phyſicaliſchen Eigenſchaften. Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 53.

Koch, H. Die natürlichen Bauſteine Deutſchlands etc. Berlin 1892.

Hanisch, A. Reſultate der Unterſuchungen mit Bauſteinen der öſterreichiſch-ungariſchen Monarchie. Wien 1892.

Schmid, H. Die öſterreichiſch-ungariſchen Steinbrüche. Deutſcher Steinbildhauer 1893, Nr. 1—6.

Schmid, H. Deutſche Sandſteinbrüche. Deutſcher Steinbildhauer 1893, Nr. 9—15.

Schmid, H. Die Steinbrüche des Karſt. Deutſcher Steinbildhauer 1893, Nr. 18—20.

Schmid, H. Schwarzer Marmor. Deutſcher Steinbildhauer 1893, Nr. 30—35.

Ferner:

Der deutſche Steinbildhauer, Steinmetz und Steinbruchbeſitzer. Red. von Fiedler. Grünberg i. Schl. 1885—92.

Der deutſche Steinbildhauer und Steinmetz etc. Red. von J. Frühauf. München. Erſcheint ſeit 1893.

Der öſterreichiſch-ungariſche Bildhauer und Steinmetz etc. Red. von J. Palme. Erſcheint ſeit 1893.

c) Gebrannte künſtliche Steine.

Indem eine ſchärfere, auf die phyſikaliſchen Eigenſchaften der gebrannten künſtlichen Steine ſich gründende Claſſificirung dem folgenden Kapitel »Thonerzeugniſſe« überlaſſen bleibt, ſoll im Nachſtehenden hauptſächlich die Verwendung der verſchiedenen Sorten derſelben den Eintheilungsgrund 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.

35. Mauerſteine. α) Ordinäre Backſteine oder Mauerſteine. Die zur Herſtellung der Mauern, Gewölbe etc. dienenden Backſteine erhalten meiſt eine parallelepipediſche

Geſtalt und die in Art. 26 (S. 85) bereits angegebenen Abmeſſungen. Sie werden faſt ausnahmslos in gebranntem Zuſtande verwendet.

In culturarmen und brennſtoffarmen Gegenden bedient man ſich heute noch der lufttrockenen, ungebrannten Ziegel, der Lehmſteine, welche jedoch ein wenig werthvolles und unbedeutendes Baumaterial abgeben. Daſſelbe iſt der Fall mit den auch aus ungebranntem Thon mit Zuſatz von gehacktem Stroh, Flachsſchäben, Spreu u. dergl. angefertigten Lehmpatzen. Die Lehmſteine erhalten in der Regel das Normalformat; die Lehmpatzen macht man gewöhnlich 30 cm lang, 14 cm breit und 14 cm dick. Im Uebrigen mag die Bemerkung genügen, daſs beide nur zu inneren, den Witterungseinflüſſen entzogenen Wänden geeignet ſind, weſshalb als Schutzmittel derſelben gegen aufweichende Näſſe nur die Iſolirung vom Boden und ein Ueberzug 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 geſintert, in Folge deſſen für Waſſer undurchdringlich ſind und eine groſse Härte beſitzen. Sie werden auch aus dem Brande der gewöhnlichen Mauerſteine ausgeſucht und haben dann geringere Abmeſſungen als die normal gebrannten Steine, welche dem Feuerherd weniger nahe geſtanden haben (Thonwaaren mit gefloſſenen Scherben; vergl. Kap. 2: Thonerzeugniſſe).

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 und fabricirtem Thon ſcharfkantiger und ebenflächig geformt ſind und in der Farbe rein und gleichmäſsig ſein ſollen. Sie werden deſshalb in etwa halbtrockenem Zuſtand nachgepreſſt und der Farbe nach ausgeſucht; 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 255 mm, die Breite 125 mm, die Dicke 70 mm, um auf dieſe Weiſe die Verblendung mit engeren, nur 5 mm ſtarken Fugen herſtellen zu können. Die gewöhnlichen Verblender werden wohl auch durch Ausſuchen der beſten Steine aus der Maſſe erlangt.

Die verſchiedenartige Farbenwirkung, auf welcher die architektoniſche Wirkung der Rohbau-Façaden mit beruht, wird entweder durch Verwendung ſich verſchiedenfärbig brennender Thone oder durch Engobiren, d. h. Eintauchen des getrockneten ungebrannten Backſteines in Thonſchlamm, welcher beim Brennen eine beſtimmte Farbe giebt, hervorgebracht.

Die gewöhnlichen Mauerſteine ſowohl, als auch die Verblender kommen des Verbandes halber auch in Stücke getheilt vor. Das Zweiquartier oder der halbe Stein ſtellt den quer halbirten Stein dar, das Längsquartier den längs halbirten Stein; das halbirte Zweiquartier, alſo der vierte Theil des Steines bei gleicher Dicke giebt das Quartier ſchlechtweg, und ein Stein, welcher die Steinbreite und nur $^3/_4$ der Länge hat, heiſst Dreiquartier. Feine Verblendſteine werden ſchon der Koſten halber gewöhnlich als ganze, $^3/_4$-, $^1/_2$- und $^1/_4$-Steine beſtellt[31]). Die Römer bedienten ſich zu ihren quadratiſchen Ziegeln an den Mauerecken der dreieckigen Steine, durch diagonale Theilung der ganzen Steine erzeugt.

36. Poröſe Steine.

β) Poröſe Steine. Um die Leichtigkeit natürlicher poröſer Bauſteine und die damit verbundenen Vortheile 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 Thon verbrennbare Körper in Pulverform untermengt, welche beim Brennen ſich verflüchtigen und eine Anzahl Porenräume zurücklaſſen.

---

31) Siehe auch über Normal-Verblendſteine von *Rühne & Cie.* in Helmſtedt in Theil III, Band 2 Heft 1 (Abth. I, Abſchn. 1, A, Kap. 2, c: Backſtein-Rohbau) dieſes »Handbuches«.

Solche Stoffe ſind beſonders Torfmull, Lohpulver, Sägeſpäne, Kohlenſtaub etc.; die damit gemiſchten Steine nennt man hie und da, der Aehnlichkeit mit Tuffſteinen halber, Tuffziegel.

Sie haben allerdings die Vortheile 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 Gemengtheile bei ſcharfem Brand häufig mit der Thonmaſſe Schmelz giebt und dadurch den Zuſammenhang gefährdet, und daſs derlei Steine, der Witterung ausgeſetzt, gewöhnlich Ausblühungen von Alkali-Carbonat zeigen, welches der Dauerhaftigkeit ſehr abträglich iſt.

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

37. Hohlſteine.

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

Schon die Römer benutzten hohl geformte Thonmaſſen, meiſt in Form von Töpfen, zu Gewölbebauten und als Verkleidung der Innenwände, ſo wie zur Leitung der erwärmten Luft aus dem Hypocauſtum. Heute ſtehen noch Kuppeln und Gewölbe aus Töpfen in Rom (Kirche S. Stefano, Faunus-Tempel, von *Claudius* erbaut, Grabmal der hl. Helena) und Ravenna (San Vitale), und durch das ganze Mittelalter hindurch bediente man ſich der Topfziegel. *Borie* hat in der neueren 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 Längslöchern werden nur als Läufer benutzt. Hohlziegel mit Querlöchern dienen als Binder, und die ſeltener gebrauchten Steine mit lothrecht durchbohrten Wänden dienen als Eckziegel. Solche Hohlſteine werden auch Lochſteine genannt.

Neueſtens hat man auch die Längs- und Quer-Hohlſteine 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, lothrecht gelochten, in England eingeführten Hohlſteine.

Die Hohlſteine bieten den gewöhnlichen Mauerſteinen gegenüber mannigfache Vortheile; ſie laſſen ſich mit weit weniger Material genauer und von gleichmäſsigerem Gefüge fabriciren, als die Handſchlagſteine; ſie laſſen ſich ſchneller formen und trocknen, brennen ſich leichter und durchwegs gleichmäſsiger, erſparen an Transportkoſten, 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* in Folge der Verdichtung der Maſſe und in Folge gleichmäſsigeren Durchbrennens höhere Feſtigkeit, als Vollſteine. Auſserdem ſind ſie ſchlechtere Wärme- und Schallleiter 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.

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 epochemachendſten Fortſchritte nach dieſer Richtung hat unbeſtritten *Friedrich Hoffmann* angeregt durch die Erfindung des Ringofens und durch die Gründung des »Deutſchen Vereines für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement«, deſſen unermüdlich neue Impulſe gebende und jeden Fortſchritt befördernde Seele er heute noch iſt. Wenn man den heutigen Stand der Backſtein-Induſtrie mit jenem vor 40 Jahren vergleicht, ſo ſtaunt man über die ganz auſserordentlichen Fortſchritte ſeit dieſer Zeit. Die Fabrikation von Maſchinenſteinen, ſo ſchwierig ſie Anfangs ſich Eingang verſchaffen konnte, weil die Natur des Rohmaterials für die Brauchbarkeit der betreffenden Maſchinenconſtruction maſsgebend iſt, ſo ſehr hat ſie ſich heute verbreitet, und alle Vorurtheile gegen Maſchinenſteine im Allgemeinen, weil die anfänglichen Producte noch manchen Fehler zeigten, ſind nicht im Stande, ihre Weiterverbreitung zu hindern. Die Maſchinenſteine haben

aufser ihrer genaueren Form geringere Porofität und thatfächlich gröfsere Feftigkeit. Die anfänglichen Fehler des faferigen Gefüges und in Folge deffen des fchlechteren Behauens haben rationelle Fabrikanten längft überwunden [32]).

38. Formfteine.

2) Formfteine. Für Conftructionszwecke anderer Art, als die Aufführung von gewöhnlichen Mauern etc., dienen in verfchiedenen Ländern fehr verfchiedene Abmeffungen und Profile. Man hat parallelepipedifch geformte Steine, die jedoch andere Abmeffungen, als die Mauerfteine haben; allein auch andere Formen, wie z. B. bei Gewölb-, Brunnen-, Kamin-, Gefims- etc. Steinen, kommen vor.

In Wien find in diefer Richtung im Gebrauche: Wölbfteine von 237 mm Länge, 158 mm Breite und 65,8 mm gröfste Dicke, die Keilform je nach dem Halbmeffer der Wölblinie verfchieden; Pflafterfteine von 250 mm Länge, 158 mm Breite und 39,5 mm Dicke; Gefimsfteine von 474 bis 632 mm Länge, 158 bis 210,7 mm Breite und 92 bis 118,5 mm Dicke.

In Deutfchland hat der Berliner Architekten-Verein auch auf dem Gebiete der Verblender und Formfteine Normalien entworfen, welche fodann vom Verein für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement (in der 15. General-Verfammlung am 3. bis 5. Februar 1879) berathen und angenommen wurden.

Die vereinbarten Normen lauten:

»α) An dem bisherigen Normalformat von 250, 120 und 65 mm ift für die Hintermauerungsfteine feft zu halten und eine ftrenge Durchführung deffelben mehr als bisher anzuftreben. Zur Herftellung von feineren Rohbauten find die Verblendfteine fo weit zu vergröfsern, dafs Lager- und Stofsfugen eine gleichmäfsige Breite von 8 mm erhalten, d. h. 4/4 Verblendfteine find 252 × 122 × 69 mm grofs, 3/4-, 1/2- und 1/4-Steine entfprechend grofs zu fertigen.

β) Die zuläffigen Abweichungen find nach der Feinheit des Materials und der beanfpruchten Eleganz des Baues in jedem Falle feft zu fetzen. Bei feinen Verblendern follen die Abweichungen der Steine unter einander 1 mm nicht überfchreiten.

γ) Die Wandftärken hängen von dem Material und von dem Zweck ab, wozu der Stein verwendet werden foll (Verbindung, Ausmauerung von Fachwerkswänden, leichte Gewölbe etc.). Bei den äufseren Verblendfteinen follen die Wandungen nicht weniger als 20 mm betragen. Bei fenkrecht gelochten Steinen dürfen die Löcher zur Vermeidung von Mörtelverluft und ftarkem Setzen des Mauerwerkes nicht gröfser als 15 mm im Durchmeffer fein.

δ) Es ift wünfchenswerth und der Verbreitung des Backftein-Rohbaues förderlich, wenn auf den Ziegeleien neben den gewöhnlichen Verblendfteinen, Dreiquartieren etc. auch eine Anzahl einfacher und häufig wiederkehrender Profilfteine vorräthig gehalten wird. Die Steine find auf allen Ziegeleien als Normalfteine mit denfelben fortlaufenden Nummern zu bezeichnen, welche fich nur auf das Profil beziehen, wogegen Steine deffelben Profils, jedoch in abweichenden Längen, keilförmig etc. durch hinzugefügte Buchftaben zu bezeichnen find, alfo z. B.: 4a, 4b u. f. w. Behufs leichterer Einbürgerung folcher Normalformen find davon nur 12 aufzunehmen (Fig. 2):

No. 1: Kleiner Schmiegefteín, 187 mm lang (Schmiege 70 mm lang);
No. 2: Grofser Schmiegefteín, 252 mm lang (Schmiege 110 mm lang);
No. 3: Achteckftein wie No. 2, jedoch mit rechteckiger Stofsfuge;
No. 4, 5, 6, 7: Einfache Profilfteine in der Gröfse eines Dreiquartiers, d. h. 187 mm lang;
No. 8 bis 12: Einfache Gefimsfteine, 252 zu 122 zu 69 mm grofs, das Profil an der langen Seite.

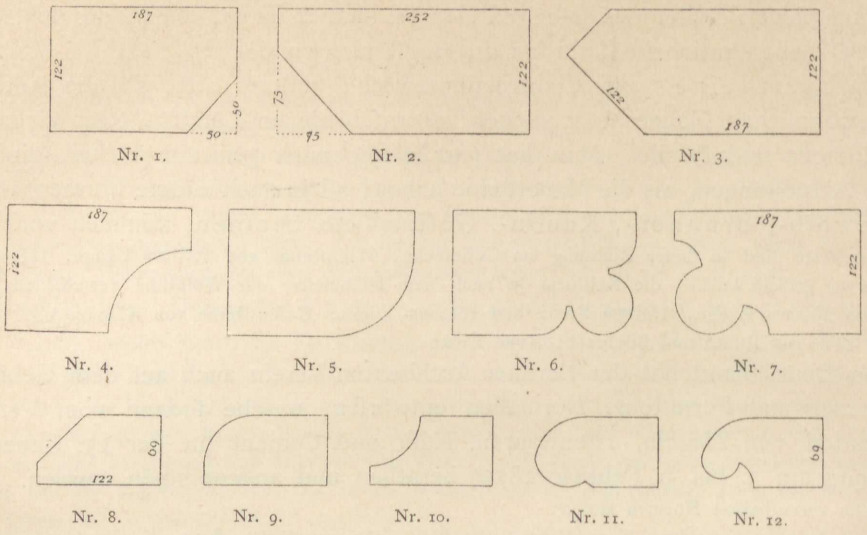
Zu den Steinen No. 8 bis 12 find möglichft auch Eckfteine (im rechten Winkel) 122 mm und in den Seiten fo lang vorräthig zu halten, dafs nach Abzug des Profils 1/2, bezw. 3/4 Stein von der Ecke aus übrig bleibt.« —

Durch die Annahme diefer Normen ift unzweifelhaft nicht allein der Fabrikation ein grofser Dienft, fondern auch dem Backftein-Rohbau ein wefentlicher Vorfchub geleiftet, da die Fabrikanten auf Vorrath und mit gröfserem Vertrauen arbeiten, defshalb leichter beffere und gleichmäfsigere Waare in Form und Farbe auf den Markt bringen, dabei den Preis niedriger ftellen und überhaupt gerade das leiften können, was die Hebung des Backftein-Rohbaues gegenüber dem Putzbau herbeiführen kann.

Allerdings ift dabei nicht zu verkennen, dafs zwar eine ziemliche Anzahl verfchiedenartiger Gefammtprofile mit den in Fig. 2 dargeftellten Formen zufammengeftellt werden kann, dafs aber damit

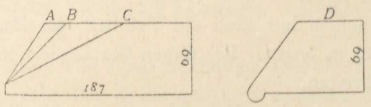
[32]) Vergl. auch *Neumann*'s Studie »Ueber den Backftein« (Berlin 1880).

Fig. 2.



Normen für Formſteine.

Fig. 3.



doch nur eine beſchränkte Auswahl möglich und ſomit, wenn einzig und allein dieſe Normalſteine fabricirt würden, eine ins Schablonenmäſsige gehende, die freie künſtleriſche Geſtaltung hemmende Formen-Orthodoxie zu befürchten wäre. Dieſe Gefahr iſt indeſſen 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 nöthigen Vorbehalt hauptſächlich bezüglich der Abmeſſungen. Im Uebrigen muſs die weitere Entwickelung der Sache der Zukunft überlaſſen bleiben, welche die weitere Klärung, die nöthigen Ergänzungen, vielleicht auch die zuläſſigen Reductionen herbeiführen wird. Wenn z. B. unter den Profilſteinen noch Conſolſteine, welche eine kräftigere Ausladung geſtatten, ſo wie die damit in naher Beziehung ſtehenden, eben ſo reizvollen, wie einfachen Bildungen fehlen, ſo haben dagegen die für die Entwickelung des Backſtein-Rohbaues ſo unumgänglich nothwendigen Schrägſteine unter dem Namen *A, B, C* (Fig. 3) bereits Aufnahme in dem vom Verein für Fabrikation von Ziegeln etc. angenommenen Tableau von Formſteinen gefunden[33]).

Zur Ausführung der Schornſteine werden bisweilen beſonders geſtaltete Formſteine, die ſog. Kaminſteine, angewendet; von denſelben wird noch in Theil III, Band 4 (Abth. 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) ausgeführt.

Sämmtliche Profil- und Formſteine, eben ſo die Verblender, werden in gleicher Weiſe als Hohlſteine hergeſtellt.

In Frankreich gebraucht man zum Zwecke der Zwiſchendecken-Conſtructionen zwiſchen den Trägern hohle Formſteine eigener Art mit Nuth- und Federverbindung, wodurch die Ausnutzung des Materials noch mehr geſteigert wird. Auch in Wien ſind ähnliche Formen, aber mit Aushöhlungen von den Breit-

33) Vergl. Otzen, J. Ueber die Normalien auf dem Gebiet der Verblend- und Formſtein-Fabrikation. Deutſche Bauz. 1879, S. 95.

ſeiten aus, eingeführt, ſo daſs ein Steg in der Mitte des Steines ſtehen bleibt. Auf der Pariſer Weltausſtellung des Jahres 1878 waren mehrere Syſteme ſolcher Hohlſteine für Decken-Conſtructionen vertreten, aus denen wir die Syſteme von *Lamy* und *Müller* hervorheben. Näheres über Form, Abmeſſungen und Verwendung derartiger Hohlſteine wird in Theil III, Band 2, Heft 3 (Abth. III, Abſchn. 2, A: Balkendecken) dieſes »Handbuches« vorgeführt werden.

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

Von den verſchiedenen gebräuchlichen Formen und Abmeſſungen ſeien hier genannt:

Trottoirplatten, 5,6 und 7 cm dick, 2 cm lang und 20 cm breit, Gewicht 4, 4,8, 5,5 kg, ſcharfkantig oder abgefast, 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, viertheilig oder in concentriſchen Ringen gerieft und abgefast.

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

Strafsen-Pflaſterſteine, leichte und ſchwere, 10 bis 15 cm dick, 10 cm breit, 20 cm lang, abgefast, 4,2 bis 6,2 kg ſchwer.

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

Ferner flache Schüſſeln zum Auffangen des Traufwaſſers, flache Rinnen, Grundrinnen, Brunnenkränze etc.

Die Klinkerſtrafsen haben ſich in Holland, im Oldenburgiſchen, in der Normandie etc. ganz vorzüglich bewährt; in neuerer Zeit wurden ſie mit eben ſo gutem Erfolge in München, Wien, Berlin und Peſt eingeführt, und es ſind Fabrikation und Verbrauch der auch unter dem Namen Kunſt-Baſaltſtein bekannten Klinker erheblich geſtiegen; auch unterliegt es bei dem völlig ſtaubfreien, ſich ſehr wenig abnutzenden und aufserordentlich 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.

4) Dachſteine. So wie die unter 1 bis 4 angeführten Backſteinſorten bei Mauerconſtructionen Erſatz für die natürlichen Bauſteine bieten, liefert der vielgeſtaltbare Thon auch als Dachſtein Erſatz für den Dachſchiefer und andere natürliche Dachdeckungsmaterialien. 39. Dachſteine.

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 nothwendig. Wir haben uns hier nur mit der Form und der Qualität des Dachſteines zu befaſſen.

Man unterſcheidet drei Hauptgruppen von Dachſteinformen: Biberſchwänze, Dachpfannen und Falzziegel.

α) Die Biberſchwänze ſind längliche Platten von 370 bis 480 mm Länge bei 180 mm Breite und 13 bis 15 mm Dicke. Der vordere Schmalrand iſt entweder gerade rechtwinkelig zu den Langſeiten abgeſchnitten 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 Biberſchwänze müſſen vor Allem möglichſt eben und ſo ſtark gebrannt ſein, daſs die Poroſität trotz der geringen Dicke kein Durchſickern geſtattet. Das Gröſstmaſs der geſtatteten Poroſität, um ſowohl gegen Durchſickern als auch gegen Froſt zu ſichern, iſt nach *Olſchewsky* ca. 16 Procent (vergl. Art. 21, S. 82). Zugleich wirken dabei Kalkgehalt und ſchwacher Brand ſchädlich auf die Dauerhaftigkeit.

β) Die Dachpfannen, beſonders in ſüdlichen Gegenden früher im Gebrauch, haben die Geſtalt einer nahezu halben Röhre, deren Querſchnitt einen Kreisbogen von 150 Grad beſchreibt, und dienen jetzt hauptſächlich als Firſtziegel. Sie geben, da ſie ſtets abwechſelnd mit der inneren und äuſseren

Mantelfläche nach aufsen gelegt werden und fich dabei übergreifen, ein vollkommen ficheres Dach. Die unten liegenden, mit der Höhlung nach aufwärts gekehrten heifsen in einigen Gegenden Haken, die anderen Preifse.

Sind zwei folche Halbcylinder neben einander zu einem S-förmigen Ganzen verbunden, fo giebt dies die holländifche Dachpfanne, welche viele Vortheile bietet und eine charakteriftifch wirkfame Dachfläche bildet.

γ) Die Falzziegel, bei deren Formung man dahin ftrebt, das bei den anderen Dachdeckungsarten bei fcharfem Winde fchwer zu vermeidende Durchregnen ganz unmöglich zu machen und zugleich eine günftige äfthetifche Wirkung bei beftem Ausnutzung des Materials zu erzielen, find in neuerer Zeit in glücklichen Auffchwung gekommen.

Gewöhnlich find zwei eine Ecke mit einander bildende Flächen unten mit Falz, oben mit Nuth verfehen und greifen in Nuth und Feder in den zunächft liegenden Ziegel gleicher Geftalt ein, und zwar kann der Falz einfach oder doppelt fein. Die weitere Einzelgeftaltung der Falzziegel hängt zu fehr mit der conftructiven Seite der Dachdeckung zufammen, als dafs es zweckmäfsig wäre, an diefer Stelle darauf näher einzugehen; vielmehr werden die ferneren, für die Formgebung mafsgebenden Grundfätze und die auf Grundlage derfelben erzeugten Ziegelformen in Theil III, Band 2, Heft 5 (Abth. III, Abfchn. 2, F: Dachdeckungen) diefes »Handbuches« des Näheren erläutert werden.

Wenn fich auch der Preis eines Falzziegel-Daches den anderen Ziegeldächern gegenüber nicht billiger ftellt, fo kommt doch hinzu, dafs ein Verftreichen mit Kalkmörtel unnöthig ift und Ausbeffernngen nicht allein viel feltener als bei gewöhnlichen Dachziegeln vorkommen, fondern auch viel leichter auszuführen find. Nur wo verwickelte Dachformen mit Kehlen und Graten vorkommen, find Behauen und Aneinanderpaffen fchwerer auszuführen, als beim Biberfchwanz.

Die Falzziegel follen nicht nur möglichft leicht fein, um den Vortheil einer billigen Dachdeckung zu befitzen, fondern fie müffen zugleich möglichfte Gewähr der Wetterbeftändigkeit bieten. Erfteres ift in der Regel nur bis zu einer gewiffen Mindeftgrenze zu erzielen, welche durch das Durchbiegen und Verziehen beim Trocknen und Brennen gefteckt wird. Die Wetterbeftändigkeit läfft fich durch Verminderung der Porofität entweder vor dem Brennen durch geeignete Magerung oder durch bis zur beginnenden Erweichung gefteigerten Brand erzielen. Stets follte dabei der Brand durch die ganze Maffe gleich fcharf fein, weil fich fonft leicht Abblätterungen zeigen.

Andere Mittel, welche fchützen follen, find Tränken vor dem Brennen mit einem leichter dicht brennenden oder leichtflüffigeren Stoffe, Erzeugung einer Glafur oder nach dem Brennen durch Anftrich mit Theer oder Waffergias. Wenn erfteres Mittel helfen foll, mufs die Glafur zum Thone paffen und darf keine andere Ausdehnungsziffer befitzen; fonft entftehen wieder Abblätterungen. Letzteres Mittel ift mit doppelter Vorficht zu verwenden, weil die Erfahrung gelehrt hat, dafs nicht vollkommen gut und vollftändig gedichtete Ziegel erft recht rafch abblättern. Auch das Dämpfen oder das Erzeugen einer leicht flüffigeren Schicht in Folge reducirender Ofengafe, wodurch eine graue bis fchwarze Oberfläche erzeugt wird, hilft nur bei gleichzeitigem fcharfen Brande[34]).

40. Feuerfefte Steine.

5) Feuerfefte oder Chamotte-Steine kommen überall da zur Anwendung, wo Feuerungs-Anlagen von Mauerwerk umfchloffen werden. Aufser vollftändiger Feuerfeftigkeit verlangt man von denfelben entweder, dafs fie dem Wechfel von Hitze und Abkühlung widerftehen oder aber, dafs fie gleichmäfsig hohe Temperaturen aushalten. Im erfteren Falle müffen bei der Fabrikation reine und fehr fette Thone vermieden werden, da die daraus gebrannten Steine bei Abkühlungen leicht berften; durch Mengung mit unplaftifcher Maffe kann man den beabfichtigten Zweck erreichen. Für Steine, welche hohen Hitzegraden zu widerftehen haben, fetzt man der Thonmaffe zerftofsenen weifsen Quarz, bezw. Quarzfand zu; find die Temperaturen befonders hoch, fo mufs man Bruchftücke von feuerfeften Steinen, Scherben von gebrauchten Kapfeln oder fonftige gebrannte feuerfefte Thonftücke verwenden.

41. Druckfeftigkeit.

In der nächften Tabelle geben wir eine Reihe von Druckfeftigkeitsbeftimmungen einerfeits von Backfteinen norddeutfcher Herkunft, welche die Königl. Prüfungsanftalt für Baufteine in Berlin durch *Böhme* ausgeführt hat, und zwar Durchfchnitts-

34) Eine eingehende Auseinanderfetzung (von *Olfchewsky* und *Sältzer*) findet fich in: Deutfche Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1879, Nr. 5, 10, 11, 13, 14.

werthe aus den beiden letzterſchienenen Veröffentlichungen; andererſeits Prüfungen von Backſteinen der Wienerberger-Geſellſchaft, durch *Bauſchinger* in München vorgenommen [35]).

Nach *Böhme:*

Backſtein-Sorte	Mittlere Druckfeſtigkeit
Gewöhnliche Hintermauerungsſteine	150
Beſſere Mauerſteine (Mittelſorte)	247
Klinker (Hartbrand)	354
Poröſe Vollſteine	124
Poröſe Hohlſteine	39
Neueſte Prüfungen:	
Gewöhnliche Hintermauerungsſteine	206
Mittelbrand	258
Klinkerſteine (Hartbrand)	379
Poröſe Vollſteine	184
Poröſe Lochſteine	84
Gewöhnliche Lochſteine	194
Peſter Straſsenklinker (Wienerberger-Geſellſchaft)	3704
	Kilogr. für 1 qcm

Nach *Bauſchinger:*

Backſtein-Sorte	Mittlere Druckfeſtigkeit
Gewöhnliche Handſchlagſteine	158—236
Gewöhnliche Maſchinenſteine	205—230
Gewöhnliche Verblendſteine	183
Gelbgeſchlämmte Verblendſteine	205
Gelbgeſchlämmte und nachgepreſſte Verblendſteine	230
Rothgeſchlämmte Verblendſteine	200
Rothgeſchlämmte und nachgepreſſte Verblendſteine	195
Ordinäre Wölbſteine	125
Poröſe Wölbſteine	27
Hohle Maſchinenſteine mit 3 Löchern	150
Klinker	240
	Kilogr. für 1 qcm

Das ſehr verſchiedene Eigengewicht der Backſteine hängt mit ihrem Poroſitätsgrade auf das innigſte zuſammen; deſshalb ſind bei Betrachtung des letzteren (ſiehe Art. 21, S. 81) die betreffenden Angaben gemacht worden.

Literatur.

Bücher über »Backſtein« und »Backſtein-Fabrikation«.

Schlickeysen, C. Die Maſchinen-Ziegelei. Berlin 1860.

Heusinger v. Waldegg, Ed. 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 Bkughat, 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.

Liebold, B. Die Trockenanlage für Ziegeleien. Leipzig 1877.

Zwick, H. Die Natur der Ziegelthone und die Ziegelfabrikation der Gegenwart. Wien 1878. — 2. Aufl. 1893.

35) Bezüglich weiterer Feſtigkeitsangaben ſei verwieſen auf:

Böhme. Die Feſtigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876.

Olschewsky, W. Vergleichende Unterſuchungen einiger Ziegelmaterialien in rohem und gebranntem Zuſtande. Separatabdruck aus dem Notizblatt d. deutſch. Ver. f. Fabrikation von Ziegeln etc. Freiburg.

Feſtigkeit franzöſiſcher Werkſteine. Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1872, S. 174.

Winkler, E. Die Elaſticitäts- und Feſtigkeits-Coefficienten. Civiling. 1863, S. 406.

Bauschinger, J. Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der k. techniſchen Hochſchule in München. Heft 1—7. München 1876—77.

Deutſche bautechniſche Taſchenbibliothek. Heft 54: Die Konſtruktion von Brennöfen für Ziegeleien und Thonwaarenfabriken in Hinſicht auf die Bauausführung. Von A. Eckhart. Leipzig 1881. — Heft 62: Die Anlage und Einrichtung von Ziegeln und Thonwaaren etc. Von A. Knäbel. Leipzig 1880.

Neumann, R. Ueber den Backſtein. Berlin 1879.
Keller, R. Ueber die Fabrikation und Anwendung feuerfeſter Steine. Aachen 1880.
Olschewsky, 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 Thonwaarenfabriken in Hinſicht auf die Bauausführung. Von A. Eckhart. Leipzig 1881. — Heft 62: Die Anlage und Einrichtung von Ziegeln und Thonwaaren 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 Ziegelſteine 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.
Siehe auch die Literatur-Angaben am Ende des nächſten Kapitels (Thonerzeugniſſe).

d) Ungebrannte künſtliche Bauſteine.

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

1) Lehmſteine und Lehmpatzen (ſiehe Art. 35, S. 93).
2) Kalkſandſteine (ſiehe Kap. 3, unter b: Mörtel aus Luftkalk).
3) Cementerzeugniſſe (ſiehe Kap. 3, unter e: Mörtel aus Roman-Cement — und f: Mörtel aus Portland-Cement).
4) Betonerzeugniſſe (ſiehe Kap. 4).
5) Stuck-Marmor und Gypsdielen (ſiehe Kap. 3, unter k: Magneſia- und Gyps-Mörtel).
6) Stucco luſtro, Kalkſandſteine, Hydro-Sandſteine, Schlacken-, Schwemm- und Korkſteine (ſiehe Kap. 3, unter b: Mörtel aus Luftkalk).

e) Bearbeitung und Haltbarmachung der Bauſteine.

42. Bearbeitung von Hand.

Die Bearbeitung der natürlichen Steine, von der im Nachſtehenden zunächſt die Rede ſein ſoll, betrifft im Weſentlichen jene Umgeſtaltung der aus dem Felſen gebrochenen Blöcke, 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 Thür- und Fenſtergewänden, Geſimsſtücken etc. gleichfalls Berückſichtigung finden wird; indeſs muſs auch bei den letztgenannten Bautheilen von der Herſtellung quaderartig bearbeiteter Steine ausgegangen werden.

Quader, ſo wie 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 nöthig, andere wieder für harte und zugleich zähe und wieder andere für weiche Steine.

Es ift defshalb auch fchwierig, ein allgemeines Verfahren der Bearbeitung anzugeben, und wir befchränken uns hier darauf, die verfchiedenen Stufen der Bearbeitung und die bei den verfchiedenen Steinforten vorkommenden Werkzeuge kurz zu charakterifiren.

43. Boffiren.

Die erfte rohe Bearbeitung erhalten die Steine fchon im Bruch, wo fie durch befonders darauf eingeübte Arbeiter nach Beftellung oder für die häufiger vorkommenden einfacheren Bautheile nach üblichen Normalmafsen je nach der Härte durch Schroten, Eintreiben von Keilen oder durch Sägen zunächft getheilt und hierauf, in fo weit nöthig, mit Hammer und Meifsel, unter Umftänden mit dem Zweifpitz in rauhe, annähernd parallelepipedifche Form gebracht werden. Der Werkzoll, auch Bruch-, Arbeits- oder Steinmetzzoll genannt, wird hierbei den rauhen Quadern in der Regel nach jeder der drei Abmeffungen zugegeben, bei koftbaren und fehr harten Steinen indefs möglichft gering bemeffen. Diefe Arbeit, bei der die Steinflächen — die gefägten ausgenommen — eine rauhe, buckelige Geftalt erhalten, heifst Boffiren.

Das Ausfehen boffirter Flächen ift für gewiffe Steingruppen charakteriftifch. Bei den harten und zähen körnigen Steinen mit fplitterigem Bruche bleiben grofse unregelmäfsig gerundete Buckel zwifchen tieferen fchmalen Meifselfurchen ftehen; bei weiterer Bearbeitung wachfen die Abmeffungen der Furchen gegenüber den Buckeln; zuletzt bleiben von letzteren nur mehr rippenartige Erhöhungen ftehen. Bei fpröden Gefteinen hingegen, wo der Meifsel mit Vortheil mehr fpitzwinkelig gegen die Fläche angefetzt wird und flachmufchelige Bruchftücke wegfpringen, erfcheint die Fläche nie mit fo tiefem Relief, wie bei den zähen harten Steinen. Bei groblöcherigen Kalken oder Rauhwacke treten die netzförmig fich kreuzenden Wände am Sägefchnitte fcharf markirt heraus, und bei Conglomeraten zeigt fich die Oberfläche aus lauter Kugel- oder Sphäroid-Abfchnitten gebildet [36]).

44. Weitere Bearbeitung.

Die weitere Bearbeitung des roh boffirten Werkftückes gefchieht dadurch, dafs man den Stein auf dem Werkplatze aufbänkt, und zwar mit jener Seite nach oben, die man für die künftige Anfichtsfläche (das Haupt) deffelben als die geeignetfte hält. Hierauf werden, am beften an zwei gegenüber liegenden Längskanten, zwei parallele fchmale Flächenftreifen, die fog. Schläge, zuerft der eine, hierauf unter Zuhilfenahme des Richtfcheites der andere, zugehauen; durch entfprechendes Vifiren erzielt man, dafs die beiden Schläge genau in einer Ebene liegen. Nun werden an den zwei anderen Kanten gleichfalls die erforderlichen Schläge hergeftellt, und es kann alsdann die gewünfchte weitere Bearbeitung der betreffenden Steinfläche ftattfinden.

Die Herftellung der Schläge gefchieht bei harten und mittelharten Steinen mittels des Schlageifens, eines flachbahnigen Schneidemeifsels, deffen Schneidebahn nicht breiter ift, als die Dicke des meift abgefast quadratifchen Meifselftieles. Bei weichen Steinen nimmt man wohl auch breitbahnige Schneidemeifsel oder Zahnmeifsel. Stets follte bei härteren Steinen der Schneidewinkel des Schlageifens gröfser fein, als bei weicherem Stein, weil dadurch die Arbeitsrückwirkung auf den Meifsel paralyfirt und ein Abfpringen oder Stumpfwerden leichter vermieden wird. Auch follte, insbefondere bei fprödem Stein, die Richtung des Meifselftofses etwas nach innen zu neigen, um Kantenabfprengung zu vermeiden.

Der zwifchen den Schlägen einftweilen ftehen gebliebene Theil heifst in

36) Bekanntlich fuchen die Putzbauten alle diefe nur fchwer zu befchreibenden Nuancen der boffirten Quaderflächen in der Ruflicirung, im Spritzbewurf, Befenbewurf, Kiesbewurf, Vermiculé etc. nachzuahmen, aber felten mit Glück. Die Abficht zu täufchen ift augenfällig, und die Werke find defshalb verfehlt. Das ficherfte Mittel gegen derlei Unnatürlichkeiten ift in erfter Linie die Verwendung echten Materials. Wo jedoch folches nicht zur Verfügung fteht und die Nachahmung geboten erfcheint, ift die Beiziehung eines praktifchen Steinmetzen mit geübtem Auge, welcher als Putzmaurer eingeübt wird, zu empfehlen.

manchen Gegenden fälfchlich Boften oder Poften. Im Durchfchnitt ift der Schlag ca. 3 cm tiefer, als die Oberfeite des Poftens, immer aber fo tief, dafs die tiefßte Furche oder Grube im Poften noch etwas vor der Ebene des Schlages vorfteht. Soll der Poften nicht als Ruftica ftehen bleiben, fo wird er abgearbeitet, und zwar bei harten Steinen zuerft mit dem Boffirhammer und Spitzeifen, fodann mit einem fchweren Zahnhammer (mit breiter, dem Stiel paralleler Schneidebahn) und zuletzt mit dem breitköpfigen Stockhammer, der beiderfeits flache Bahnen hat, welche mit einem Syftem von viereckig-pyramidalen Zähnen, 4 bis 8 in einer Reihe, verfehen find, fo dafs die Spitzen bei den gröberen Nummern diefer Stockhämmer weiter aus einander ftehen, als bei den feineren. Die Flächen bekommen durch das Abarbeiten mit den Stockhämmern, und zwar von den gröberen Sorten zu den feineren übergehend, eine gekörnte Oberfläche. Zu gleichem Zwecke wird bei weicheren Steinen, nachdem für das gröbfte Abarbeiten der Zweifpitz verwendet worden ift, das Kröneleifen gebraucht, beftehend aus einer Anzahl beiderfeits zugefpitzter vierkantiger Stahlftäbchen, welche in der Queröffnung des eifernen Stieles aufgekeilt werden und zwei breite vielgezahnte Schneidebahnen bilden. Vollendet wird die Arbeit mit Hilfe des breiten Scharrireifens, welches mittels hölzerner Klöpfel vorgetrieben wird.

Häufig verwendet man auch zum Herftellen der Flächen, zum fog. Flächen, anftatt eines gröberen Stockhammers, bezw. Krönels den Flachhammer mit längsgeftellter Schneidebahn, kurzweg Fläche genannt, deren Schneide oft in trapezförmige Zähne getheilt ift und dann bei feften Steinen als Zahnhammer dient. Für die Bearbeitung von weicheren Steinen erhält die Fläche eine breitere Schneidebahn, als diejenige des Flachhammers für härtere Steine. Aehnliche Eigenthümlichkeiten, wie die Fläche, zeigt die Picke oder Bille mit quergeftellter Schneidebahn, welche zum Schärfen der Mühlfteine und zu ähnlichen Arbeiten benutzt wird.

Bisweilen werden bei fehr feften Steinen nach dem Boffiren die Unebenheiten mittels Zahnmeifseln in fchmalen Streifen abgefprengt; diefe Meifsel werden auch bei weicheren Steinen benutzt und haben je nach deren Härte fcharfkantige dreieckige oder abgeflachte trapezförmige Zähne. Diefe Bearbeitungsweife, durch welche auf der Seitenfläche parallele Riefen entftehen, heifst das Zähneln.

Glatte Flächen werden am wirkfamften durch das Feinfcharriren und Auffchlagen hergeftellt. Man benutzt dazu Scharrireifen, deren Breite je nach den in regelmäfsiger Führung zu bildenden Bahnen verfchieden bemeffen wird; für Gewand- und Rahmftücke, für Laibungen etc. werden fie als Breiteifen in der jeweilig erforderlichen Breite befonders angefertigt. Vor dem Auffchlagen mufs, um die nöthige Sauberkeit und Regelmäfsigkeit zu erzielen, die Steinfläche gewöhnlich zuerft fcharrirt, fodann rauh gefchliffen werden. Diefe Art der Bearbeitung bringt die körnige Structur des Steines, insbefondere des Sandfteines, durch die bei gefchickter Führung des Eifens entftehenden einfachen Flächenmufter am vortheilhafteften zur Geltung und war in früheren Zeiten fehr beliebt. Sehr feffe Steine werden mit dem Halbeifen, etwas breiter als das Schlageifen, geebnet.

Der Schneidewinkel der Werkzeuge beträgt bei harten Steinen zwifchen 30 und 45 Grad, und die Schneidebahn überfteigt meift nicht 5 cm; bei weichen Steinen ift der Schneidewinkel 10 bis 20 Grad und die Schneidebahn doppelt fo lang.

Ift auf diefe Weife die eine Fläche des Werkftückes bearbeitet, fo wird dasfelbe mit einer anftofsenden Seitenfläche nach oben aufgebänkt; die Bearbeitung der

letzteren geſchieht eben ſo, 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 controlirt.

Sind Geſimſe, Ornamente etc. auszuführen, ſo werden dieſelben nach Schablonen oder Bretungen aus Blech oder Pappe im Querſchnitt angeriſſen oder abgebretet, bezw. nach Modell mittels Greifzirkels aus dem Boſſen ausgemeiſselt. Für die Herſtellung von hohlen, runden Profilirungen und von Kropfſtücken benutzt der Steinmetz die Einhaltſchablone, woraus derjenige Theil 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, bezw. mittels einer beſonderen Lehre hergeſtellt wird. Zur Ausführung ſolcher ſchwierigerer Arbeiten, gekröpfter hohler und reich gegliederter Werkſtücke dienen verſchiedene ſchmalbahnige Nutheiſen, ſo wie Hohleiſen mit gekrümmter Schneidebahn [37]).

45. Schleifen.

In unſerer Zeit wird leider nur noch ſelten Werth 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 Aeuſseren nachzuahmen ſucht, wird nur gar zu häufig dem echten Material, dem Hauſtein, 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 indeſs das Schleifen ſeine volle Berechtigung, beſonders bei dichtem, koſtbarem Material, um die Schönheit der Farbe und Structur hervorzuheben, ferner bei feiner, reich gegliederter Arbeit etc. etc. 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 am beſten natürliche Sandſteine oder künſtliche, meiſt Schmirgel-Schleifſteine und beobachtet auch hier, ſtets vom gröberen zum feineren Schleifſtein vorzuſchreiten. Die verſchiedenen Poroſitäts- und Structurverhältniſſe machen das Verfahren des Schleifens ſehr mannigfaltig. Die härteſten Steine ſchleift man bloſs mit Schmirgel, welcher durch belaſtete 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 Gufsſtahlmaſſe, Granat und ſcharfer Quarzſand als Schleifpulver.

Häufig 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 Colophonium in Terpentin oder mit Stearin etc. in Terpentin

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

oder einem anderen Löfungsmittel. Gröfsere Hohlräume und fchadhafte Stellen werden mit *Sorel*'fchem Magnefia-Cement oder *Sorel*'fchem Zinkoxychlorür-Kitt, fog. *Ciment métallique*, ausgekittet. Dadurch entfteht eine unnatürliche Glätte, deren Dauer nicht grofs ift; indeffen fchützen folche Ueberzüge doch einige Zeit gegen das Eindringen von Staub und Flechtenanfiedelung. Weit beffer find in diefer Beziehung anorganifche, chemifch-dauerhafte Mittel. In neuefter Zeit hat die Anwendung der von *L. Kefsler* in Clermont-Ferrand erfundenen »Fluo-Silicate« alle anderen Mittel ähnlicher Art gefchlagen und eine neue Induftrie in das Leben gerufen: die der decorativen Verwerthung weicher Kalkfteine als Marmor-Nachahmung Die weichften porölen Kalke, Savonnières, Morley etc., werden in dünne Platten gefchliffen, die Oberflächen mit einem Schlamm aus dem Schleifftaub des Steines mit hydraulifchem Kalk gemifcht, überfchliffen, fo dafs alle Poren gefchloffen werden, hierauf nach dem Trocknen das Ganze mit einer Fluo-Silicat-Löfung getränkt und dadurch die ganze Fläche fo gehärtet, dafs diefelbe polirfähig wird. Gleichzeitig kann ein beliebiger Marmorfarbenton erzielt werden. Nach den bisherigen Erfahrungen ift eine folche Fluo-Silicat-Politur entfchieden weit haltbarer, als die natürliche Marmorpolitur, weil fich durch die Einwirkung der Fluo-Silicate äufserlich Flufsfpath und Tridymit-Kiefelfäure bilden, die ungleich weniger von den Atmofphärilien angegriffen werden können. Die älteren Mittel, wie Bildung oxalfaurer Thonerde oder einer Thonerdefeife, fo wie die Verwendung von Barytwaffer und Borfäure, Waffergias und Chlorcalcium etc. find hierdurch verdrängt worden. (Näheres fiehe Art. 54.)

46. Poliren.

Unter Umftänden folgt dem Schleifen der Steinflächen das Poliren derfelben, welches die Herftellung einer Spiegelfläche, alfo einer homogenen und mathematifchen Fläche zum Zweck hat. Das Poliren kommt vorzugsweife für körnige und dichte Kalkfteine, insbefondere bei Marmor, zur Wirkung; aber auch Granit, Syenit, Porphyr, Grünftein und Serpentin nehmen eine fehr fchöne Politur an.

Man kann am eheften Hochglanz-Politur erzeugen, wenn man mit dem Schleifen möglichft weit geht, die Poren möglichft zufammenzieht, d. h. fo lange fchleift, bis eine Schicht erreicht ift, in welcher bei homogenen Steinen möglichft wenig Poren vorhanden find, oder wo bei gemengten Gefteinen der weichere und fchwerer polirbare Antheil zurücktritt oder in günftigem Schnitte fich befindet. Dann gelingt es leicht, mit den Polirmitteln auch den letzten, äufserft geringen Theil der optifch noch wirkfamen Unebenheiten wegzubringen und die letzten Poren mit fpiegelnder Maffe auszufüllen.

Die Polirmittel find je nach der Natur des Steines verfchieden, entweder harte, aber rundlich geformte, nur mit kleinen Rauhigkeiten verfehene Pulver von feinftem mikroskopifchem Korn oder weiche, aber fcharfkantige minderfeine Pulver verfchiedenfter Natur.

Das wirkfamfte ift der Schlämmfchmirgel, welcher beim Schleifen der Steine abgewafchen und durch mehrfaches Schlämmen in verfchiedene Feinheitsnummern gebracht wird. Es giebt Schlämmfchmirgel von 0,001 mm Korndurchmeffer. Aufser dem Schmirgel wird der Trippel verwendet, eine Diatomaceen-Kiefelerde, meift aus Gaillonellen beftehend, wovon die mittlere Korngröfse 0,007 mm ift, während feinfter Polirtrippel kaum mefsbare Korngröfsen aufweist.

Als letztes Glanz-Poliment dient für harte Steine hauptfächlich das Eifenoxyd, meift im geglühten und gefchlämmten Zuftande. Der für manche Steine befonders gefuchte Crocus-Stahlglanz ift fcharf geglühtes Eifenoxyd mit Bimsftein-Schlämm-

pulver und etwas Zinnaſche, welche letztere insbeſondere zu Marmor auch für ſich allein verwendet wird.

Aufserdem dienen noch Schwefelblume zu Marmor, Speckſtein zu Serpentin, Holzkohle zu Alabaſter. Man reibt alle dieſe Polimente unter geregeltem Waſſerzuſatz zuerſt mittels Bleiplatten, ſodann mittels Filz und Flanell, zuletzt trocken mit Linden-Baſtholz und Rehleder auf. Für manche, insbeſondere Hornblende-Geſteine und gemengte Feldſpath-Geſteine hilft ein Zuſatz von einigen Tropfen Salpeter- oder Schwefelſäure, welche wahrſcheinlich durch oberflächliche Zerſetzung gelatinöſe Kieſelſäure frei macht, die als Glättmittel wirkt[38]).

Die Politur widerſteht nur auf den härteſten Steinen dem Einfluſſe der Witterung; die Anwendung polirten Marmors ſollte deſshalb in unſeren Klimaten auf das Innere beſchränkt werden.

47. Färbung, Aetzung, Vergoldung etc.

Mit dem Schleifen und Poliren werden manchmal, beſonders bei Marmor, noch andere Vollendungsarbeiten vorgenommen, beſonders Hervorbringen von wirkungsvollen Farben-Nüancen, ferner Anbringen von Zeichnungen durch Aetzen, Vergoldung etc. Die alten Griechen hatten ihre weiſsen Marmore polychrom decorirt, und für manche Zwecke ſind heute noch gewiſſe Farbengebungen wünſchenswerth. Vollkommen ſachgemäſs und bewährt iſt die *Weber*'ſche Methode[39]), weiſsem Stein einen beliebigen Farbenton von Gelb zu geben, welche vom Verein zur Beförderung des Gewerbefleiſses in Preuſsen prämiirt wurde. Danach wird eine neutrale Eiſenchlorid-Löſung zur Trockene verdampft und, in hochgradigem Alkohol gelöst, auf die gleichmäſsig erwärmte Fläche aufgetragen. Nach *Fioraventi*[40]) kann man Marmor beliebig polychromiren, wenn man ihn in einer Waſſerdampf-Atmoſphäre bis 120 Grad erhitzt und z. B. ihn zuerſt mit Eiſenvitriol-Löſung, ſodann mit Blutlaugenſalz-Löſung behandelt. Für Gelb giebt man Alaun als Mordant und färbt mit Gummigutt, für Braun mit Aſphalt-Löſung, Roth mit Drachenblut, Violett mit Aſphalt und Drachenblut, Grün mit Aloe-Saft und Terpentin.

So mancher ſchönfarbige italieniſche Marmor wandert nach Norden, welcher im erſten Jahre ſchon an der Licht- und Wetterſeite gänzlich erblaſſt; darin verſtehen auch die angrenzenden Trentino-Marmoriſten ganz Erkleckliches zu leiſten. Wird nach *Fioraventi* aufserdem die Farbe noch durch Waſſerglas-Löſung und Chlorcalcium fixirt, ſo erſcheint die Fläche gehärtet und vor Abfärbung gewahrt. Wir erlauben uns jedoch gerade beim Marmor ſo lange an der praktiſchen Thatſächlichkeit dieſer Angabe zu zweifeln, bis wir eines Beſſeren belehrt werden, da ſich die Waſſerglas-Anſtriche gerade an porenarmem Marmor nach genauen Erhebungen in Berlin nicht halten.

Es ſei hier nochmals erinnert, dafs das Färben von Steinen nur bei vollkommen gleichmäſsig poröſem, nicht ſtreifigem Geſtein gute Wirkung haben kann, da ja nur die Poren den Farbſtoff dauernd beherbergen können.

Die Flächendecorirung beſonders bei Flieſen, Kamineinfaſſungen etc. geſchieht entweder, wie in Belgien vielfach und mit groſsem Geſchick und Geſchmack beim Schiefer der Brauch iſt, durch Marmornachahmung in Lackfarben oder durch Basrelief-Sculptur. Letztere, als eine bleibende und äſthetiſch ähnlich dem Sgrafitto, beſonders bei Vergoldung, wirkende Manier wird am leichteſten mit dem *Tilghman*'ſchen Sandblas-Apparate hergeſtellt, welcher ſich aber nur für Geſteine von durchwegs gleicher Härte und gröſserer Sprödigkeit gut eignet, da der Sandſtrom, welcher

---

38) Vergl. des Verfaſſers: Unterſuchungen von Schleifſteinen, Schleif- und Polirmitteln. Mitth. des technol. Gewerbemuſeums zu Wien 1880, Nr. 1, 2, 3 — ferner: Weber, M. Das Schleifen, Poliren, Färben und künſtleriſche Verzieren des Marmors. Weimar 1864.

39) Deutſche Induſtrieztg. 1870, S. 496.

40) Wieck's ill. Gewbz. 1875, S. 7.

ſtetig die zu verzierenden Stellen trifft, die Unterſchiede in Härte und Sprödigkeit an Ort und Stelle genau verzeichnet.

Das Aetzen geſchieht gewöhnlich nur bei Marmor, wo es manche Meiſselarbeit erſetzen kann. Die Aetzung wird entweder mit Schwefelſäure oder Salzſäure, in mehreren Theilen Waſſer verdünnt, vorgenommen.

Wichtig iſt hierbei der Schutz gegen das tiefere Eindringen der Aetzflüſſigkeit, was durch den Deckgrund verhütet werden muſs. Der letztere beſteht für Marmor aus 6 Theilen Wachs, 2 Theilen Harz, 2 Theilen dickem Terpentin und 1 Theil Ultramarin für weiſse oder 1 Theil helles Chromgelb für farbige Steine. Nach dem Ueberziehen der Marmorfläche mit dieſer heifs angefertigten Deckmaſſe wird rings ein erhöhter Rand aus Wachs gebildet, die Zeichnung herausradirt und hierauf ca. 2 Stunden geätzt, alsdann vorſichtig abgegoſſen und der Deckgrund mit Terpentin weggewaſchen[41]).

Granit, Syenit, Diorit etc. können durch eine concentrirte Löſung von Kieſelfluorwaſſerſtoffſäure gut geätzt werden.

Die Vergoldung geſchieht entweder mittels Blattgold und Caſein-Kitt oder unmittelbar durch Auftragen einer Goldchlorid-Löſung[42]).

Die Schleif- und Polirtechnik ſteht heute noch mit vereinzelten Ausnahmen auf keiner den ſonſtigen Fortſchritten der Technik angemeſſenen Entwickelungsſtufe, und zwar hauptſächlich aus dem Grunde, weil das Verhalten der einzelnen Mineralien oder Geſteinselemente noch viel zu wenig ſtudirt wird und deſshalb empiriſche Kunſtfertigkeit, verbunden mit monopoliſtiſcher Geheimniſskrämerei, den Fortſchritten Schranken ſetzt. Die von der Wiſſenſchaft gepflegte und heute ſchon weit verbreitete Anfertigung von petrographiſchen Dünnſchliffen wird zweifelsohne den Anſtoſs geben zur Vervollkommnung der Methoden durch Klarſtellung der Grundſätze ſachgemäſsen Schleifens und Polirens. Für den Architekten iſt es unter Umſtänden wichtig, falſche und echte Politur zu unterſcheiden. Alkohol und Aether, auf die fragliche Fläche aufgerieben, zeigen ſofort, ob ein falſcher Lacküberzug oder echte Spiegelung vorhanden iſt.

48. Steinbearbeitungs-Maſchinen.

Die Steinbearbeitungs-Maſchinen theilen ſich in drei Hauptgruppen:

1) in Maſchinen zum Theilen der Blöcke;

2) in Maſchinen zur Bearbeitung der Blockoberflächen, und

3) in Maſchinen zum Schleifen und Poliren.

Am häufigſten werden die Maſchinen zum Theilen von Blöcken in Platten angewendet. Es ſind dies die Steinſägen. Schon im graueſten Alterthume benutzten die Aegypter die Steinſägen, und nicht ſelten werden heute noch Handſägen zum Zertheilen beſonders weicher Steine benutzt. Die Handſägen ſind immer Sägen mit geradem Blatt und werden von zwei Arbeitern ähnlich, wie beim Gebrauch der Zimmermannsſäge, hin- und hergezogen. Für weicheres Geſtein iſt die Handſäge mit Zähnen verſehen, wie eine Holzſäge; meiſtens aber iſt das Blatt zahnlos und arbeitet als Schwertſäge mittels harter kleinkörniger Schleifmaſſen unter Waſſerzufuhr.

Für Steine mit weicherem Bindemittel wird als Schneide- und Schleifmaſſe Quarzſand benutzt, bei härteren Steinen auch Abgänge von Zinn und Blei, und beſonders Kügelchen aus abgeſchrecktem Guſseiſen und glashartem Guſsſtahl, die zuerſt

41) Polyt. Centralbl. 1869, S. 3, 49.

42) Vergl. auch: Weber, M. Das Schleifen, Poliren, Färben und künſtleriſche Verzieren des Marmors. Weimar 1864.

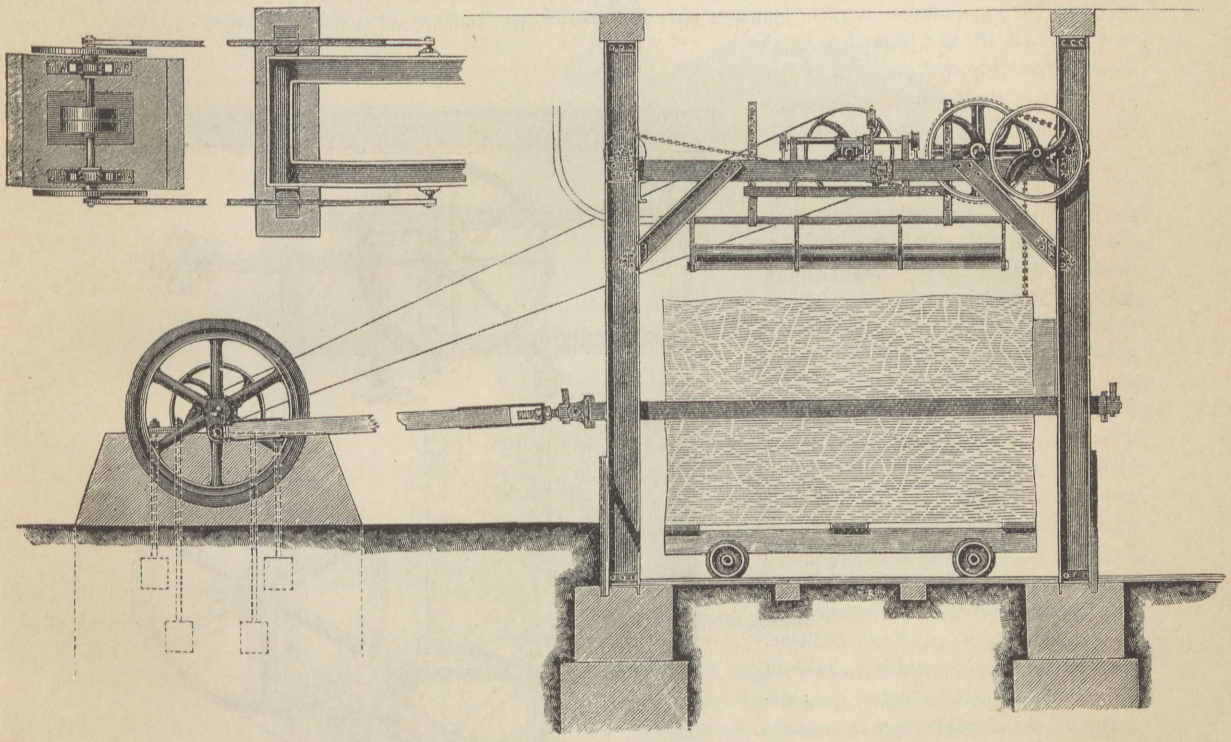
aus England unter dem Namen *Globules métalliques* eingeführt wurden, gegenwärtig aber in weit härterer Qualität als Diamantine in Deutſchland (nach dem patentirten Verfahren von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz) erzeugt werden. Eben ſo wird bei beſonders hartem Geſtein Schmirgel als Schleifmaſſe benutzt. In neuerer Zeit hat man mit beſtem Erfolge ſtatt der harten Schleifmaſſen, die ſtets in kurzer Zeit zu zartem Schlamm zerrieben ſind und ſtetig erneuert werden müſſen, auch bei Steinſägen die Verwendung feſt eingeſetzter Diamantſplitter eingeführt, und erſt ſeit dieſer Zeit rührt der lebhafte Aufſchwung in der Verwendung von Steinbearbeitungs-Maſchinen her[43]).

Die Steinſägen ſind entweder Gatterſägen mit hin- und hergehendem geraden Schnitt oder Bandſägen mit umlaufendem geradem Schnitt oder endlich Kreisſägen.

49. Gatterſägen.

Die mit geraden Sägeblättern ausgerüſteten Gatterſäge-Maſchinen ſind ſehr mannigfaltig geſtaltet worden; die in der groſsen Praxis bewährten ſtimmen jedoch

Fig. 4.



Steinſäge-Maſchine von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

darin überein, daſs die Schnittbewegung eine wagrechte iſt, ſo daſs das ſtets zahnloſe, bis über 4 m lange, 60 bis 70 cm breite und 2 bis 3 mm dicke Sägeblatt mit der Schneide von oben, unter beſtändigem Zufluſs von Schleifmaſſe und Waſſer, unter einem beſtimmten Drucke hin- und hergeführt wird. Für weicheren Kalk- und Sandſtein hat man in Amerika auch Gatterſägen eingeführt, die auf die Unterſeite des Steines von unten nach oben wirken. Bei dieſen kann die Schleifmaſſe nicht zu günſtiger Geltung kommen, und es werden dabei mit Diamanten beſetzte Sägeblätter verwendet.

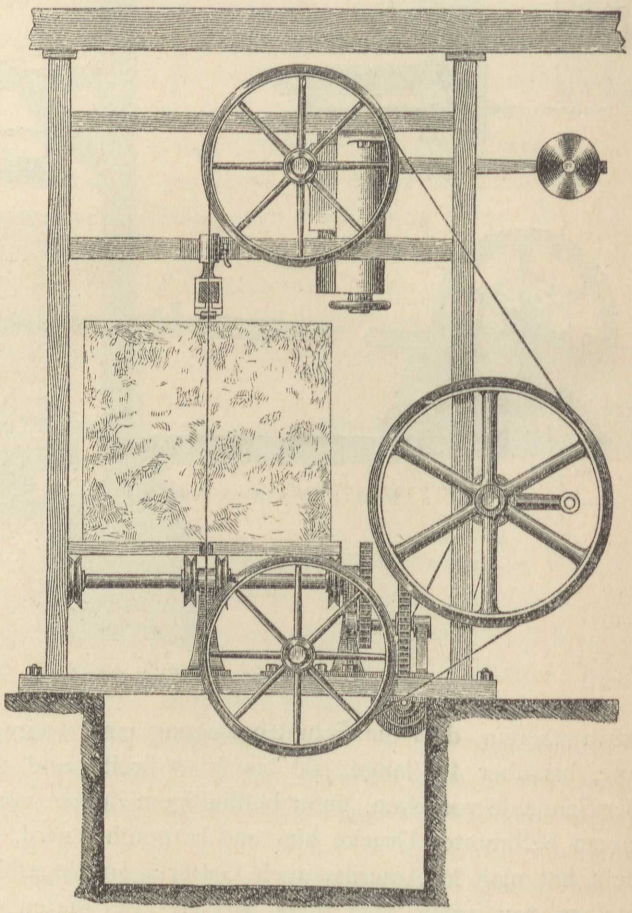
43) Siehe: Das Diamantwerkzeug für die Steinbearbeitung. Polyt. Journ., Bd. 282, S. 194.
Ueber Steinbearbeitung mittelſt Diamanten. Verh. d. Ver. f. Gewerbefleiſs in Preuſsen 1893.

Von den im Auslande conſtruirten und eingeführten Gatterſäge-Maſchinen ſei hier[44]) *Baſtins* wagrechte Steinſäge zur gleichzeitigen Zertheilung von zwei Steinblöcken erwähnt, welche im Beſonderen für weiche Pariſer Geſteine beſtimmt und deſshalb gröſstentheils aus Holz conſtruirt iſt. Sie zeigt im Allgemeinen die Bauart der neueren Steinſäge-Maſchinen: einen ſtabilen Gerüſtrahmen, an dem, durch Gegengewicht ausbalancirt, 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 Zugſtangen mit einer Kurbelwelle in Verbindung geſetzt und ſo über die zu theilenden Blöcke unter beſtimmtem Druck hin- und hergeführt.

Für beſondere Zwecke conſtruirte Steinſägen ſind die von *Henry Conradi*[45]) conſtruirte Maſchine zur Erzielung möglichſt dünner Platten aus koſtbarem Marmor, eben ſo die von *Darby* in Depford[46]), welche durch ſachgemäſse Führung des Sägegatters die günſtigſte Zufuhr des Schleifſandes 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 conſtruirt.

Eine ähnliche, mit den neueſten Verbeſſerungen verſehene Sägemaſchinen-Conſtruction iſt die von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz (Fig. 4), die ſich unter Benutzung der Erfahrungen mit bisherigen Conſtructionen ſehr gut bewährt. Dieſelbe iſt ſehr ſolid ganz aus Eiſen conſtruirt und hat an einem in 4 Ketten hängenden ſchmiedeeiſernen Hauptrahmen mit 4 Charnierſtangen den ſchmiedeeiſernen Sägerahmen aufgehängt. In letzterem werden beliebig viele Sägeblätter mit Laſchen und Keilen befeſtigt. Durch 2 Zugſtangen iſt der Sägerahmen mit einem Kurbelradvorgelege derart in Verbindung, daſs ein Hin- und Herſchwingen 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 Ausbalancir-Vorrichtung 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.

Fig. 5.



Bandſäge von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

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

Wie ſchon oben erwähnt, werden die Steinſäge-Maſchinen nach dem Vorgange der Amerikaner mit Diamantſpitzen, ſog. Carbons, montirt; dadurch ſteigert ſich die Leiſtungsfähigkeit

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

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

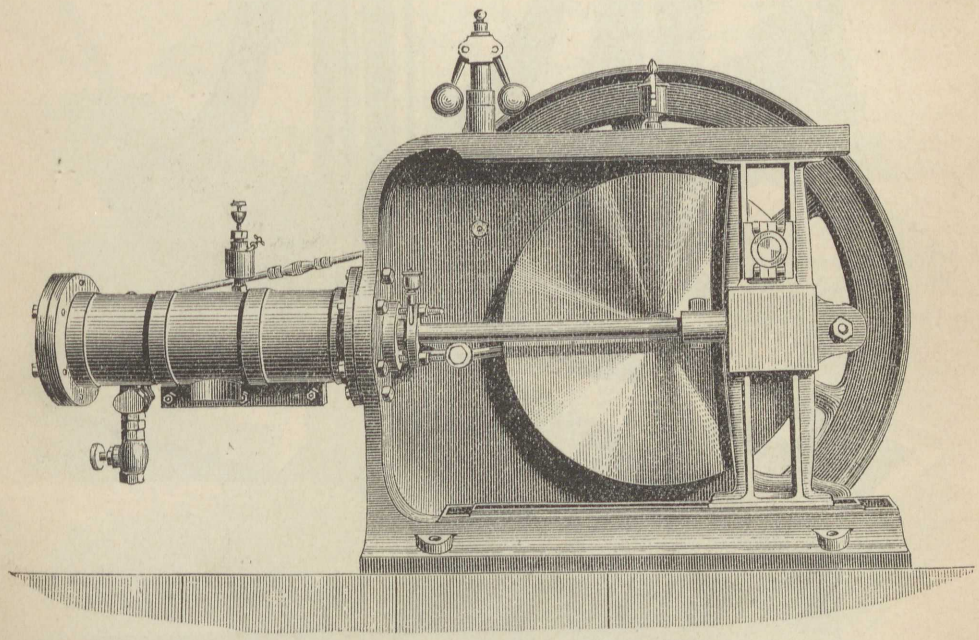
46) Siehe: *Engineer*, Bd. 42, S. 357. — Polyt. Journ., Bd. 224, S. 158.

gegenüber gewöhnlichen Steinſägen auf das mehr als Zehnfache. Nach dieſem Grundgedanken hat zuerſt *Hough Young* in New-York ſeine Diamant-Gatterſägen gebaut. Durch ſtetige Verbeſſerung der Anfangs unvollkommenen Befeſtigung der Diamanten iſt die Diamantſägerei 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[47]) iſt ſo weſentlich vervollkommnet, daſs bei 1,5 m langer Schnittfläche für das Sägeblatt und die Stunde in Granit 32 bis 35 cm, in Quarzſchiefer 40 cm und in Marmor 50 cm tief geſchnitten wird.

Beſonders für weichere Geſteine hat man auſser den Gatterſägen auch Bandſägen zur Anwendung gebracht. Entweder arbeiten dieſe durch bloſse Umdrehung von Stahldraht mit Schmirgelmaſſe, wie diejenige von *Chevalier* und neueſtens jene von *Violette,* welch letztere den Vorzug leichter Conſtruction und Transportfähigkeit beſitzt und in Frankreich deſshalb mehrfach in Steinbrüchen als Trennungsſäge Anwendung findet.

Auſser Stahldraht-Bandſägen finden auch wirkliche Bandſägen, theils mit lothrechtem, theils mit wagrechtem Bande arbeitend, und mit oder ohne Schleifmaſſe oder Diamantbeſatz Verwendung. Eine für

Fig. 6.



Sägemaſchine von *Beverley & Atkins*[49]).

weiche Steine in Deutſchland gebräuchliche iſt die in Fig. 5 abgebildete Bandſäge von *Offenbacher* in Markt-Redwitz. Aehnlich iſt die beſonders in Belgien eingeführte und äuſserſt leiſtungsfähige, mit Diamanten beſetzte Bandſäge von *Gerard*[48]). Sie ſchneidet nach Angabe bei 10 Pferdeſtärken Betriebskraft in der Stunde 12 qm in harten Balconſteinen.

50. Kreisſägen.

Die Kreisſägen dienen beſonders zum Säumen, Vierkanten und Nuthen von Steinen und zum Bearbeiten von Flächen beſchränkteren Umfanges, da der Durchmeſſer und damit die Schnitttiefe beſchränkt iſt und Scheiben von ſehr groſsem Durchmeſſer zu theuer und wegen leichten Zerſpringens gefährlich ſind. Die Steinkreisſägen arbeiten entweder ähnlich, wie die Holzkreisſägen, auf wagrechten Achſen mit lothrechtem Schnitt, und es ſind häufig mehrere Sägen auf einer Welle verſtellbar gekuppelt, um z. B. Thür- und Fenſtergewände verſchiedener Dicke ſchneiden zu können. Oder ſie

47) D. R.-P. Nr. 55375.

48) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1893, Nr. 4 — ferner: AUGUSTE, A. *Grande ſcière à lame ſans fin etc.* Nancy 1887.

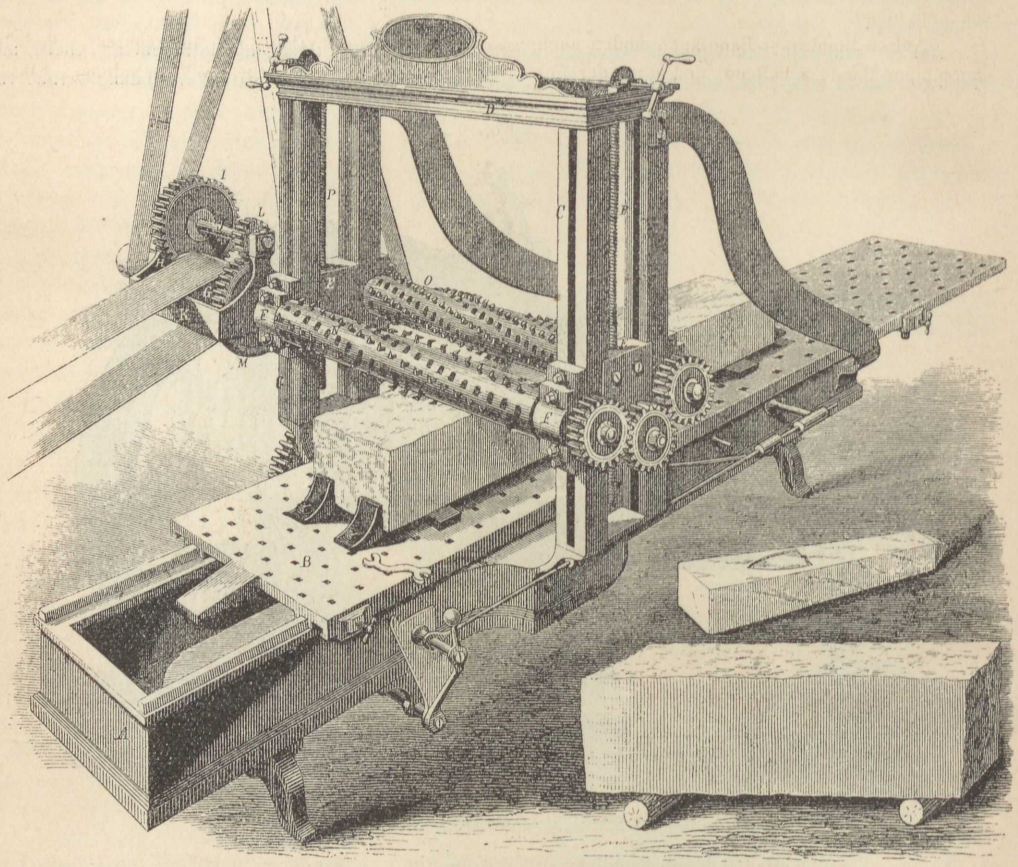
49) Siehe: *Engng.*, Bd. 25, S. 515.

arbeiten an lothrechter Welle mit wagrechtem Schnitt; auch ſind manchmal beide Antriebsarten an einer einzigen Maſchine thätig, z. B. an der Nuthenkreisſäge von *Arnold & Cie.* in Straſsburg.

Dieſe ſchneidet mittels Diamantbeſatz am Umfang der gleichzeitig wagrecht und lothrecht arbeitenden Kreisſägen Nuthen aus Fenſter- und Thürgewänden in Vogeſen-Sandſtein mit einer Leiſtung, die jener von 7 Steinmetzen gleich kommt.

Hierher gehört auch die von *Beverly & Atkins* in Sheffield[49]) conſtruirte Dampf-Kreisſäge (Fig. 6). An der Welle dieſer zwiſchen 30 bis 50 Touren in der Minute machenden Maſchine arbeiten neben

Fig. 7.



Maſtodon ſtone dreſſer von *Anderſon*[53]).

einander bis zu 20 Kreisſägen gleichzeitig. Ebenfalls zu den Kreisſägemaſchinen gehört die Conſtruction von *Hunter*[50]) mit Stahlmeiſseln am Umfang und 2 Kreisſägen von 1,63 m Durchmeſſer. Gleichzeitig als Steinbruch- und Steinbearbeitungs-Maſchine arbeitet in den Travertinbrüchen von Ribbibbia bei Rom die Conſtruction von *Grazioſi*[51]). Dieſe ſchneidet ähnlich der Maſchine von *Arnold & Cie.*, aber im groſsen Maſsſtabe mittels Kreisſägen unmittelbar aus dem Felſen vollkommen regelmäſsige Blöcke und arbeitet nach Angabe der Augenzeugen *Gabet & Grothe* vorzüglich. Auch hier ſind die Kreisſäge-Peripherien mit Stahlmeiſseln ausgerüſtet.

Eine durch praktiſche Conſtruction und auſserordentliche Elaſticität in der Abänderung der Tourenzahl, des Vorſchubes und Schnittdruckes hervorragende Maſchine iſt die Diamant-Kreisſäge von *Emerſon* in Beaver Falls[52]). 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.

50) Siehe: *Engineer*, Bd. 32, S. 37. — Maſchinenb. 1871, S. 253.
51) Siehe: Maſchinenb. 1874, S. 229.
52) Siehe: *Scientif. American*, Bd. 31, S. 159. — Maſchinenb. 1873, S. 116; 1874, S. 356.
53) Siehe: *Scientif. American*, Bd. 25, S. 223.

51. Hobelmaſchinen.

Da die Kreisſägen meiſt auch ſchon zur Bearbeitung der Oberflächen der Steine dienen, bilden ſie den Uebergang zu den eigentlichen Steinbearbeitungs-Maſchinen. Zur Bearbeitung ebener, gekrümmter 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 Specialmaſchinen für beſtimmte Steinſorten oder für beſtimmte Steinformen.

Fig. 8.

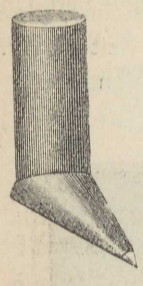
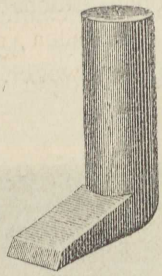


Fig. 9.

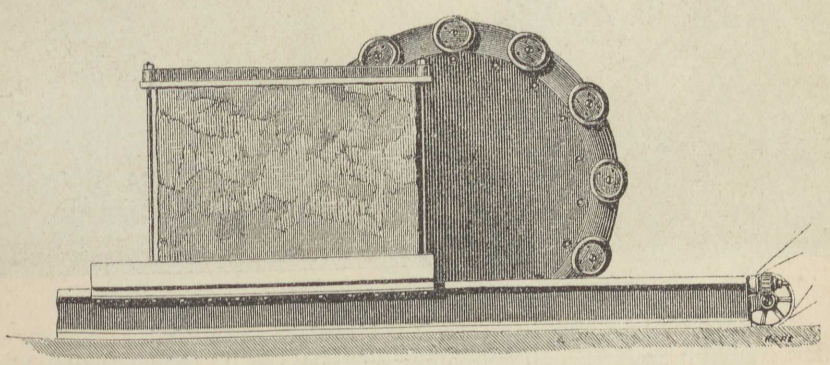


So iſt der *Maſtodon ſtone dreſſer* von *Anderſon* (Fig. 7 [53]) nach dem Grundgedanken der Holzfräſe-Maſchinen conſtruirt und richtet mittels eigenthümlich geformten Schropp- und Schlichtmeiſseln, die an Walzen eingelaſſen ſind. Fig. 7 bis 9 ſtellen die Maſchine und ihre Wirkungsweiſe dar. Die Leiſtung ſoll dabei der von mehr als 30 Steinhauern gleich kommen. In die gleiche Claſſe gehören noch die Steinbearbeitungs-Maſchinen von *Holmes* in Mold [54]) und von *Stacy* [55]), ſo wie die von *Atchinſon* [56]) in Boſton mit pendelnden Werkzeugen und die von *Lloyd* [57]).

Von neueſten Conſtructionen gehört dahin die Steinfräsmaſchine der Chemnitzer Maſchinenfabrik [58]), ferner die Sectoren-Hobelmaſchine von *Alb. Dittmer* [58]), bei welcher mit Diamanten beſetzte Werkzeuge von Kreisſectorenform in ſchwingender Bewegung, entweder einzeln oder zu einem Syſtem vereinigt, die Herſtellung eines Geſimsſtückes in einem Arbeitsgange ermöglichen.

Brunton & Trier in London benutzten zuerſt zum Hobeln kreisförmige Schneidewerkzeuge, die, in ſchräger Stellung zum Arbeitsſtück rollend und an der Peripherie einer ſich drehenden Meſſerſcheibe befeſtigt, cycloidale Schnitte von 3 bis 4 cm Tiefe und 1,4 m Höhe ausführen und etwa die Arbeit des Scharrirens verrichten, aber mit einer Leiſtung von 4 Minuten für 1 qm zu bearbeitender Fläche für Granit,

Fig. 10.



Steinbearbeitungs-Maſchine von *Brunton & Trier* [59]).

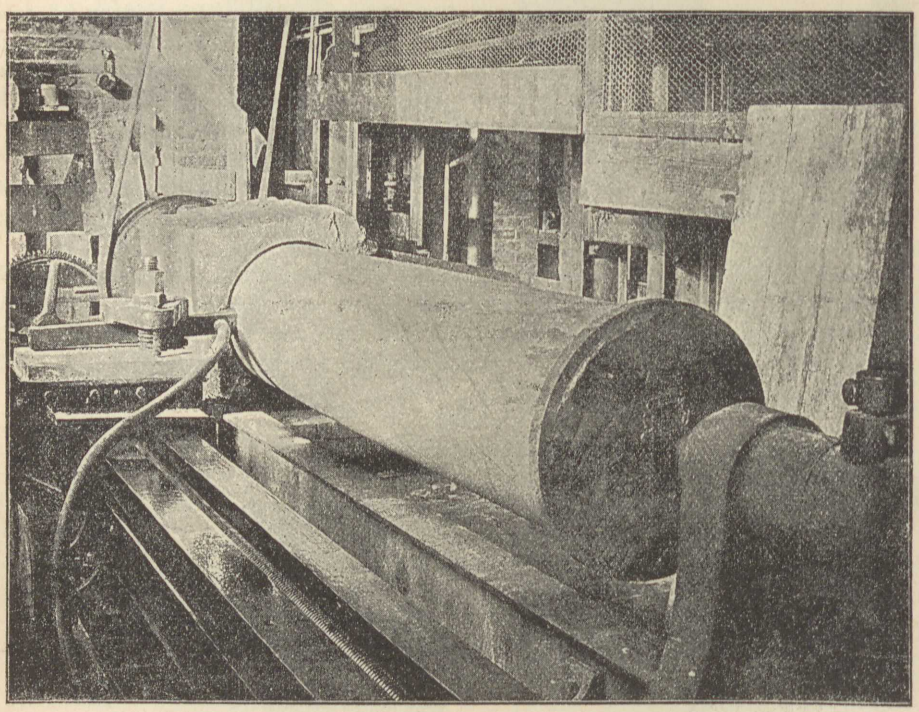
für harten Kalkſtein von $2\frac{1}{2}$ Minuten und für Sandſtein von 2 Minuten (Fig. 10). Dieſer Grundgedanke der kreisrunden Meſſer hat ſich vielfach bewährt und iſt in der Schweiz von *Rieter & Cie.* in Winterthur und in Deutſchland von *Emil Offenbacher* zu Markt Redwitz in abgeänderter, bezw. verbeſſerter Form ausgeführt und verbreitet worden. Mit ſchwingender Welle und kreisrunden Meſſern arbeitet auch die Maſchine von *Beier* [60]).

54) Siehe: *Iron*, Bd. 3, S. 552.
55) Siehe: Maſchinenb. 1874, S. 195.
56) Siehe: *Scientif. American*, Bd. 40, S. 291. — Maſchinenb. 1879, S. 291.
57) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1892, S. 59.
58) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1892, Nr. 10.
59) Nach: Prakt. Maſch.-Conſtr. 1878, S. 357. — Polyt. Journ., Bd. 230, S. 5. — Maſchinenb. 1879, S. 1.
60) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1892, S. 341.

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; indeſs iſt die Steinbearbeitungs-Maſchine von *E. v. Bühler*[61]) mit durch Druckluft bethätigten pneumatiſchen Werkzeugen praktiſch eingeführt und wegen der intereſſanten Antriebsweiſe beachtenswerth. Von der groſsen Zahl meiſt zu beſonderen Zwecken conſtruirter Hobelmaſchinen ſeien noch erwähnt die von *Robinſon & Son* in Rochdale[62]), die von *Weſtern & Cie.* in London[63]), jene von *Eſterer* in Altötting und diejenige von *Holmes & Payton* in Mold[64]).

Nach den Ausſagen von Praktikern, welche Erfahrungen mit Steinbearbeitungs-Maſchinen gemacht haben, iſt heute erſt in Folge der ſich immer mehr zuſpitzenden Arbeiterfrage der Augenblick gekommen, wo die hohen Anſchaffungs- und Unterhaltungskoſten derſelben von den unzweifelhaften Vortheilen der Zeiterſparniſs gegenüber der Handarbeit bei groſsen Steingeſchäften aufgewogen werden.

Fig. 11.



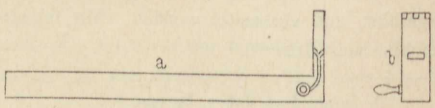
Steinſchälmaſchine von *Alb. Dittmer*.

52. Drehbänke.

Beſſer eingeführt als die Hobelmaſchinen haben ſich die ebenfalls hierher gehörigen Drehbänke. Dieſe ſind den Metall-Drehbänken ganz ähnlich, und es hat auch hier ſich als Schneidewerkzeug das Kreismeſſer von *Brunton & Trier* gut eingeführt und bewährt.

Zum Abdrehen von groſsen Säulen mit Diamantmeiſsel hat ſich die Steinſchälmaſchine von *Alb. Dittmer*[65]) praktiſch bewährt. Fig. 11 ſtellt eine ſolche in perſpectiviſcher Anſicht dar.

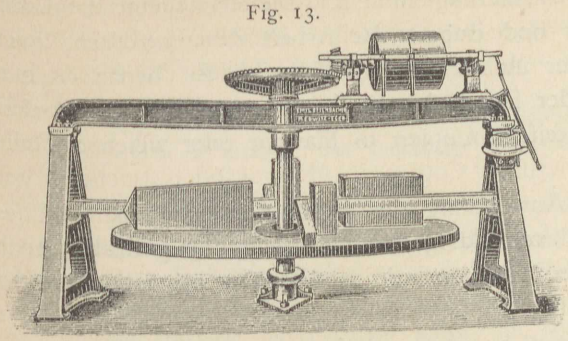
Fig. 12.



61) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1892, S. 367.
62) Siehe: *Iron*, Bd. 14, S. 549.
63) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 230, S. 304.
64) Siehe: Maſchinenb. 1874, S. 89.
65) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1892, Nr. 10 u. 20.

Dieſelbe arbeitet mit einem gekröpften, ſtarken Drehmeiſel *a* (Fig. 12), deſſen Ende *b* zu einem Blatte ausgearbeitet iſt. Die vordere Schmalſeite deſſelben von 3 bis 4 cm Länge iſt mit Diamanten beſetzt. Ein ſeitlich angebrachter Canal mündet in zwei Schlitzen auf beiden Seiten des Meiſſelblattes behufs vollkommener Waſſerſpülung. Der Meiſſel ſchält vom Werkſtück während deſſen Drehung einen concentriſchen Ring ab, der zertrümmert oder abgeſchnitten 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.

Fig. 13.



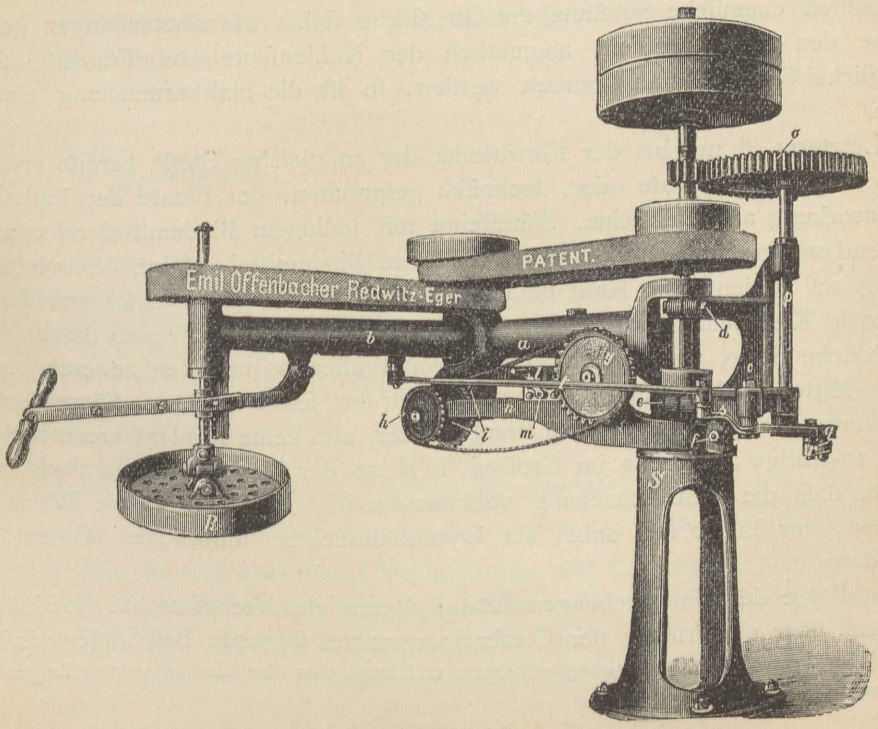
Schleifmaſchine von *Emil Offenbacher* in Markt-Redwitz.

53. Schleif- und Polirmaſchinen.

Die Schleif- und Polirmaſchinen ſind meiſt wagrecht rotirende Scheiben aus Stahl oder Guſseiſen oder aus einem Syſtem concentriſcher Stahlreifen zuſammengeſetzt, die auf der zu ſchleifenden Steinfläche unter Zufluſs von Schleifmaſſe und Waſſer arbeiten. Dabei wird entweder, wie in den groſsen Schleifereien für Hartgeſteine von *Keſſel & Röhl* in Berlin, der Stein auf groſse, etwas excentriſch rotirende Schleifſcheiben gelegt und langſam hin und her bewegt (Fig. 13), oder die Schleifſcheibe arbeitet lothrecht und der Stein wird unter beſtimmtem Druck automatiſch hin und her geführt.

Endlich, und dies iſt insbeſondere bei den Maſchinen der Fall, die gleichzeitig zum Poliren dienen, arbeitet die Schleifſcheibe wagrecht auf der Oberfläche des

Fig. 14.



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

Steines unter vereinigter Drehung und Hin- und Herbewegung. Eine ſehr verbreitete und bewährte Conſtruction dieſer Art ſtellt Fig. 14 in der Schleif- und Polirmaſchine von *Emil Offenbacher* dar.

Für die Herſtellung von Figuren, Ornamenten und Reliefs ſcheint die Copirmaſchine von *Wenzel*[66]) von groſser Bedeutung zu ſein. Dieſelbe geſtattet gleichzeitig die Herſtellung von 4 Copien und erſpart die Arbeit des Punktirens ganz und eben ſo den gröſsten Theil der Arbeit des Bildhauers. Es bedarf zuletzt nur einer geringen Nacharbeit von der Hand des Bildhauers, um mit mehrfacher Erſparung an Zeit und Arbeit künſtleriſche Copien in Marmor oder weichem Stein zu erzielen.

Schlieſslich ſei hier noch der Anwendung des bekannten Sandſtrahlgebläſes von *Tilghmann* zum Graviren auf polirten Hartgeſteinen Erwähnung gethan. Auch ſoll die Sandſtrahlarbeit ſich gut zum Reinigen und Abſchleifen von angewitterten Hauſtein-Façaden eignen.

54. Haltbarmachung.

Obwohl die zu Monumentalbauten benutzten Steine zum groſsen Theile aus den erfahrungsmäſsig dauerhafteſten Geſteinen ausgewählt werden, ſo iſt doch kein Stein völlig dauerhaft, und insbeſondere ſind die Carbonat- und Trümmergeſteine, alſo Kalkſteine und Sandſteine, am meiſten der Zerſtörung ausgeſetzt, wenn auch nicht in gleichem Grade. Deſshalb iſt die Anwendung ſicher und auf möglichſt lange Dauer wirkender Conſervirungsmittel von nicht zu unterſchätzender Bedeutung.

Bereits in Art. 45 (S. 104) wurde einiger Mittel gedacht, um die Poren von Steinen zu dichten. Schon dadurch wird ein gewiſſer Grad von Haltbarmachung erreicht, eben ſo wie echte Politur an ſich das beſte Conſervirungsmittel iſt, vorausgeſetzt, daſs die chemiſche Subſtanz des Steines an ſich widerſtandsfähig genug iſt. Kann durch chemiſche Subſtanz die Oberfläche ſelbſt widerſtandsfähiger gemacht, in eine den Atmoſphärilien, namentlich der Kohlenſäure und Feuchtigkeit, unzugängliche Subſtanz umgewandelt werden, ſo iſt die Haltbarmachung eine vollendete.

Letzteres iſt nur bei der Einwirkung der an gleicher Stelle bereits erwähnten *Keſsler*'ſchen Fluo-Silicate oder, techniſch geſprochen, der Fluate der Fall, ſobald die Einwirkung auf Kalkſteine, Sandſteine mit kalkigem Bindemittel oder auf entſprechend vorbereitete Sandſteine mit anderem Bindemittel erfolgt. Durch die Einwirkung auf kohlenſauren Kalk bilden ſich oberflächlich bis zu einer gewiſſen Tiefe Fluſsſpath, Kieſelſäure und die Oxyde oder Silicate der betreffenden Baſen, niemals aber lösliche Salze, wie bei Anwendung von Waſſerglas und den anderen oben genannten Mitteln. Kohlenſäure greift nicht mehr an; ſelbſt verdünnte Säuren bewirken auf fluatirten Kalkſteinflächen kein Brauſen mehr, alſo keine Kohlenſäureentwickelung. Durch 12-jährige Erfahrung im Groſsen, z. B. an der Neuen Oper in Paris, iſt feſt geſtellt, daſs die Haltbarmachung vollkommen iſt. Aehnlich iſt die Wirkung auf Sandſtein; nur bildet ſich dabei ein kryolithähnliches, unlösliches Mineral, nebſt Kieſelſäure.

In Folge der Unterſuchungen *Tetmajer*'s und des Verfaſſers hat die Münchener Conferenz über die Prüfung der Conſervirungsmittel folgende Beſchlüſſe gefaſſt:

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

66) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1893, Nr. 1 u. S. 471.

Die bisher vorliegenden Reſultate der Prüfung von Conſervirungsmitteln haben übereinſtimmend gezeigt, daſs die Conſervirungsmittel ſtets im Sinne einer Erhöhung der Feſtigkeit oder doch im Sinne einer Verminderung der Abſchwächung der Feſtigkeit im waſſergetränkten und wiederholt gefrorenem Zuſtande wirken. Da ſämmtliche Conſervirungsmittel Oberflächen-Uebergüſſe darſtellen und die zu conſervirenden Steine nicht gänzlich durchdringen, ſo erſcheint die Beſtimmung der Feſtigkeit an Zugkörpern mit geringen Querſchnitten angezeigt. Bei dieſen iſt auch das Verhältniſs der Oberfläche zur Maſſe höher, die Wirkung der Conſervirung daher deutlicher zu conſtatiren.

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

Die der Conſervirung bedürftigen natürlichen Bauſteine ſind ſämmtlich weich und daher unſchwer in die Normalform zu bringen. Bei künſtlichen Bauſteinen kann zum Formen direct 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. 20 (S. 79) für natürliche und künſtliche Bauſteine vorgeſchrieben worden iſt, ſoll auch zur Prüfung von Conſervirungsmitteln angewendet werden. — Aufserdem wird die Anſtellung von Verſuchen empfohlen, welche die Dauer der Conſervirung feſt ſtellen. Praktiſch dürfte die Wiederholung der erſtmaligen Verſuchsreihen nach 1 Jahr, nach 3 und 5 Jahren genügen.

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

6) Die Vornahme der Conſervirung der Probekörper hat nach den für die praktiſche Anwendung der betreffenden Conſervirungsmittel gebräuchlichen Verfahren zu geſchehen. Je nach der Natur der Conſervirungsmittel empfiehlt es ſich, die Verfahrungsweiſen rationell abzuändern, da auch die Art der Anwendung weſentlich die Wirkung beeinfluſſen kann.

Es ſeien hier im Auszuge die Ergebniſſe der Unterſuchungen des Verfaſſers und *Tetmajer*'s angeführt.

	Zugfeſtigkeit im Mittel aus 10 Proben		
	trocken	naſs	
Oolith von Riva:			
nicht fluatirt	11	7	*Hauenſchild*
fluatirt mit Aluminium-Fluat	39	32	*Hauenſchild*
Cottaer Sandſtein:			
nicht fluatirt	22,8	8,13	*Hauenſchild*
fluatirt mit Avant-Fluat und Magneſia-Fluat	25,19	22,05	*Hauenſchild*
Blauer Oſtermundiger Sandſtein:			
nicht fluatirt, lufttrocken	9,0	3,4	*Tetmajer*
fluatirt mit Magneſia-Fluat	23,9	—	*Tetmajer*
fluatirt, nach 30-maligem Gefrieren getrocknet	25,1	—	*Tetmajer*
Gelber Oſtermundiger Sandſtein:			
nicht fluatirt, lufttrocken	7,0	3,6	*Tetmajer*
fluatirt mit Magneſia-Fluat	22,6	—	*Tetmajer*
fluatirt mit Magneſia-Fluat und 30-mal gefroren und getrocknet	23,7	—	*Tetmajer*

Kilogr. für 1 qcm.

Schlieſslich ſei eine intereſſante Verſuchsreihe von *Bauſchinger* über die härtende Wirkung der Fluate auf Sandſteine aufgenommen, die mit dem *Bauſchinger*'ſchen Schleifapparate (ſiehe Art. 27, S. 74) ausgeführt wurde.

Für je 10 Umdrehungen der Gufseiſenſcheibe wurden nach Abſtreifen des benutzten 10 g Naxos-Schmirgel Nr. III neu auf dieſelbe geſtreut. Die Zeichen $\perp$ oder $\parallel$ geben an, ob die betreffenden Flächen ſenkrecht oder parallel zu den natürlichen Lagerflächen liegen.

Material	Einheits-gewicht	Abnutzung für 100 Umdrehungen der Gufseifenfcheibe, reducirt auf den Normalhalbmeffer von 49 cm bei einem Druck von ca. 25 kg					Mehr-abnutzung der unfluatirten Flächen
		fluatirt	nicht fluatirt	fluatirt	nicht fluatirt		
Baierfelder Keuperfandftein	2,17	20,4	26,9	1,91	2,53	⊥	32,5
Cordeler Buntfandftein (Römerberg) .	2,01	20,3	28,1	2,06	2,86	⊥	38,8
		19,6	31,2	1,99	3,17	∥	59,3
Cottaer Quaderfandftein, hart . . .	2,05	21,1	22,9	2,10	2,28	⊥	8,5
		22,2	23,2	2,21	2,31	∥	4,5
Cottaer Quaderfandftein, weich . . .	1,99	25,6	48,1	2,62	4,93	⊥	88,2
		26,3	37,7	2,70	3,87	∥	43,3
Eggenftedter Dyasfandftein	1,89	20,1	30,4	2,17	3,28	⊥	51
		22,4	49,7	2,42	5,37	∥	122
Heilbronner Keuperfandftein	2,11	21,3	30,6	2,06	2,96	⊥	43,7
		19,5	33,2	1,88	3,21	∥	70
Pfälzer Poft-Carbonfandftein	2,22	18,4	23,5	1,69	2,16	∥	27,8
Rennberger Kohlenfandftein	2,05	32,2	57,0	3,20	5,67	?	77,2
		28,4	51,8	2,85	5,16		80
Strafsburger Münfter-Buntfandftein, hart	2,12	21,2	25,8	2,04	2,48	⊥	21,5
Strafsburger Münfter-Buntfandftein, mittelhart	2,16	19,4	24,1	1,83	2,28	⊥	24,6
		21,3	26,9	2,01	2,54	∥	26,5
Ummendorfer Kreidefandftein . . .	1,99	21,4	27,2	2,19	2,80	⊥	28
		24,5	33,9	2,51	3,48	∥	34,2
		Gramm		Millim.			Procent

Man fieht aus obigen Zahlen fofort, dafs alle fluatirten Flächen felbft bei der härteften Steinforte eine nicht unbedeutende Minderabnutzung aufweifen, dafs alfo wirklich die Steine an Härte und Widerftandsfähigkeit durch das Fluatiren zugenommen haben. Naturgemäfs ftellte fich hierbei heraus, dafs, je weicher die betreffende Steinforte urfprünglich war, die Härtezunahme nach dem Fluatiren eine um fo gröfsere war. Die Fluatirung bewirkte eine nahezu gleiche Abnutzungshärte bei allen geprüften Steinforten, deren Durchfchnitt 2,23 mm beträgt, während der Durchfchnitt der nicht fluatirten Flächen die Abnutzung von 3,33 mm, alfo eine Mehrabnutzung von nahezu 50 Procent aufwies.

Literatur

über »Steinbearbeitung« und »Steinbearbeitungs-Mafchinen« [67]).

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

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

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

WEBER, M. Das Schleifen, Poliren, Färben und künftlerifche Verzieren des Marmors etc. Weimar 1864. — 3. Aufl. Wien 1884.

Boring and cleaving ftone. Building news, Bd. 11, S. 485.

Verfuche über Steinbearbeitung mittels Mafchinen. Deutfche Bauz. 1868, S. 403, 414.

BIRRELL & ROTHERSE. *Stone working machinery — Grosvenor eftate improvements. Engineer*, Bd. 25, S. 114.

Stone dreffing machine. Engng., Bd. 6, S. 489. Mafchinenb. 1869, S. 146.

Lloyd's Steinbearbeitungs-Mafchine. Mafchinenb. 1870, S. 385.

Patent ftone-cutting and tunnelling machinery. Engineer, Bd. 32, S. 37. Mafchinenb. 1871, S. 253.

[67]) Ueber die älteren Steinfägen findet fich ein vollftändiges Literatur-Verzeichnifs in: KARMARSCH, K. Einleitung in die Lehren der mechanifchen Technologie. Wien 1825. S. 98.

Anderſon's Steinbearbeitungsmaſchine. Maſchinenb. 1872, S. 20.
Emerſon's Diamant-Steinſäge. 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.
Emerſon's Diamant-Steinſägemaſchine. 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 conſt. 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. Maſch.-Conſtr. 1877, S. 257. Maſchinenb. 1877, S. 323.
Stone-dreſſing machines. Engng., Bd. 23, S. 281. Prakt. Maſch.-Conſtr. 1877, S. 478.
Machines à ſcier les pierres. La ſemaine des conſt. 1877—78, S. 125.
Machine pour planer et moulurer la pierre. La ſemaine des conſt. 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. Maſch.-Conſtr. 1878, S. 357. Polyt. Journ., Bd. 230, S. 5. Maſchinenb. 1879, S. 1.
Steinſpaltmaſchine von *Gottlieb Schmidt* in Gaumitz bei Nimptſch. Baugwks.-Ztg. 1878, S. 484.
Schleifen und Poliren ſteinerner Säulen auf der Drehbank. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 322. Maſchinenb. 1879, S. 91.
Das Schleifen und Poliren ſteinerner 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 conſt. 1877—78, S. 17, 62.
Stone ſawing engine. Engng., Bd. 25, S. 515.
UHLAND, W. H. Handbuch für den praktiſchen Maſchinen-Conſtructeur. Bd. III, 21: Steinbearbeitung. Leipzig 1880.
Steinſägemaſchine von *E. C. Pfaff*. Prakt. Maſch.-Conſtr. 1879, S. 399.
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.
Steinſäge 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.
Steinſchleifmaſchine mit Hypocycloidalbewegung der Schleifplatte und mit automatiſch wirkendem Sandſtreu- und Waſſeraufgieſsapparat von *C. G. Roeder* in Leipzig. Prakt. Maſch.-Conſt. 1882, S. 304.
Die neue Bearbeitungs-Methode der natürlichen Bauſteine mittelſt Dampfkraft und ihre Bedeutung für das geſammte Gebiet des Bauweſens. Baugwks.-Ztg. 1882, S. 430.
Steinſäge 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.
Schwartze, Th. Die Steinbearbeitungsmaſchinen mit Bezug auf deren Conſtruction, Anwendung und Leiſtung etc. Leipzig 1885.
Vialatte's Steinſäge mit endloſem Draht. Techniker, Jahrg. 7, S. 78.
Ingerſoll's Steinblock-Abſchneide-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 conſt.*, Jahrg. 11, S. 268.
Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften. Bd. 4: Die Baumaſchinen. 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.-Conſt. 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 conſt., 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 conſt., Jahrg. 14, S. 172.
Bandſäge zur Steinbearbeitung von *Armand Auguſte*, Paris. Prakt. Maſch.-Conſtr., Jahrg. 23, S. 68.
Das Diamantwerkzeug für die Steinbearbeitung. Polyt. Journ., Bd. 281, S. 121.
Maſchinen zur Bearbeitung von Steinen mittels Diamantwerkzeuge von *Fromholt, Blancart & 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-Dejaiffe*, Namur. Prakt. Maſch.-Conſtr. 1893, S. 138, 142.
Trier's double action ſtone-dreſſing machine. Builder, Bd. 65, S. 225. *Engng.*, Bd. 56, S. 268.

Literatur

über »Haltbarmachung (Conſervirung) der Bauſteine«.

Burnell, G. R. *On building-ſtones — the cauſes of their decay, and the means of preventing it. Builder*, Bd. 18, S. 132, 147, 163.
Heinzerling. Ueber ein Verfahren, Steine zu härten und zu poliren. Techn. Centralbl. 1885, Nov.
Bericht des Herrn *Trooſt* über die von Herrn *L. Keſsler* 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 Conſervirung der natürlichen Bauſteine. Schweiz. Bauz., Bd. 9, S. 91.
Hauenschild, H. Die *Keſsler*'ſchen Fluate etc. Berlin 1892.
Die ökonomiſche Bedeutung der *Keſsler*'ſchen Fluate. 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 Fluate auf Sandſteine. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 173.
Abel. Ueber die *Keſsler*'ſchen Fluate zum Härten von Steinen, Cement, Mörtel, Gyps u. ſ. w. Gewbbl. aus Württemberg 1893, Nr. 25; 1894, Nr. 26.
Härten der Baumaterialien mittels Fluaten. Bad. Gwbztg. 1893, Nr. 47.
Glinzer. Härtungsmethoden von Bauſteinen, insbeſondere das Fluatiren. Zeitſchr. 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 Fluate für Cement, Gyps etc. Deutſches Steinbildh.-Journ. 1894, Nr. 7.
Nochmals die *Keſsler*'ſchen Fluate. Deutſcher Steinbildhauer 1894, Nr. 8.

2. Kapitel.

Thonerzeugniſſe.

Von Hans Hauenschild.

Wenn der Stein die naturgemäſseſte und edelſte materielle Unterlage der Architektur iſt, ſo ſind jene Materialien, welche mittels eingreifender Form- und chemiſcher Aenderungen die Eigenſchaften guter Steine erlangen, das Weitverbreitetſte und dem Bedürfniſs Zuſagendſte. Hierin ſpielt wieder das Gebiet der Thonerzeugniſſe weitaus die bedeutendſte Rolle. Die Zerſetzungsproducte der Erdrinde, das aus allen Fugen und Formen gewichene amorphe Ueberbleibſel, theilweiſe lagernd als Verwitterungsmantel über den urſprünglichen Steinen, theilweiſe durch die transportirende Kraft des Waſſers weithin nach allen Richtungen als feiner Schlamm geführt und endlich mannigfach verunreinigt und vermiſcht mit den Verweſungsproducten anderer Geſteine, bilden das Rohmaterial zu der älteſten aller Groſsinduſtrien, der Thoninduſtrie (Keramik); denn der Thon iſt nicht nur das verbreitetſte, faſt mit Sicherheit überall dort zu findende Material, wo die Bedingungen für dauernde Niederlaſſung und dauernde Cultur gegeben ſind, ſondern auch das dem Bedürfniſs am meiſten zuſagende. 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 Inſtinct, welcher zuerſt zur Verwendung des Thones trieb und welcher die fruchtbarſte Pflanzſtätte für formende Kunſt wurde. 55. Thonerzeugniſſe im Allgemeinen.

Wenn wir heute die Thoninduſtrie zu den chemiſchen Induſtrien zählen, ſo dürfen wir nicht vergeſſen, daſs die keramiſche Chemie erſt ſeit einigen Jahrzehnten zählt, während die Blüthe-Epochen der Induſtrie vor Jahrhunderten als eine Folge unabläſſiger Erfindungsbegierde und empiriſchen Vergleichens und Probirens vorhanden waren. Allerdings iſt durch die Wiſſenſchaft heute das Meiſte, was früher Eigenthum eines Einzigen war und mit ihm ſtarb, Gemeingut aller Fachleute geworden, und die techniſchen Fortſchritte ſind geradezu eben ſo epochemachend, wie die Umwälzung im Verkehrsweſen in Folge der Erfindung der Dampfmaſchine; aber die künſtleriſche Entwickelung hat ihren Höhepunkt gewiſs noch nicht erreicht.

Die Thonerzeugniſſe laſſen ſich in zwei groſse Claſſen eintheilen, von denen jede einzelne in ihrer Maſſe phyſikaliſch ſcharf gekennzeichnet erſcheint, während nach den verſchiedenen Graden der Feinheit, Homogenität und Färbung einerſeits, nach dem verſchiedenen Ueberzuge zum Schutze und als Decoration andererſeits mehrere Untergattungen ſich ergeben, welche verſchiedenen Zwecken dienen. 56. Eintheilung.

Der Bruch des fertigen Erzeugniſſes giebt den Haupteintheilungsgrund ab. Entweder iſt derſelbe porös oder zeigt einen höchſtens geſinterten Scherben, oder er iſt vollkommen dicht, glaſig, zeigt deutliche Schmelzſtructur.

Die Thonwaaren mit nichtgefloſſenem Scherben ſind entweder aus ſolchen Thonen gebrannt, welche keine Fluſsmittel enthalten, oder wenn dieſelben vorhanden ſind, nur bis zu ſolcher Temperatur gebrannt, die ein Erweichen oder Schmelzen dieſer Fluſsmittel nicht zuläſſt und nur ein Dichterwerden oder Zuſammen-

ſintern 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 Thonwaaren mit nicht gefloſſenem undichtem Scherben theilen wir nach dem Vorſchlage *Hartig*'s[68]) in folgende Gruppen:

57. Irdenwaare.

a) Irdenwaare. Darunter verſteht man jedes undicht gebrannte Erzeugniſs aus nach dem Brennen farbigen Thon, das weder glaſirt, noch lackirt oder irgend ſonſt decorirt iſt. Dahin gehören:

1) Backſteine, das gewöhnlichſte und eigentliche Conſtructionsmaterial aus gebranntem Thon, das bereits im vorhergehenden Kapitel abgehandelt iſt.

2) Drainröhren und Blumentöpfe, ſchwach gebrannte, möglichſt poröſe, unglaſirte Roh-Irdenwaare, die als Material des Ausbaues nur nebenſächlich in Betracht kommen kann.

3) Terracotta. Dieſe iſt ein uraltes Decorationsmaterial, welches bei gehöriger Auswahl des Rohſtoffes und Sorgfalt der Fabrication alle ausgezeichneten Eigenſchaften einer plaſtiſchen Maſſe mit der Gewähr der Dauerhaftigkeit vereinigt und eine billige Decoration geſtattet. Das vielfache Vorurtheil gegen Terracotta als unedles und wenig dauerhaftes Material iſt durch viele Beiſpiele wohl erhaltener Terracotten aus der alten Zeit und aus dem Mittelalter, ſo wie durch die ausgezeichneten Erzeugniſſe der jetzigen gröſseren Thonwaarenfabriken gründlich widerlegt.

Die Terracotten werden aus verſchiedenfarbigen Thonen angefertigt und, zur Erzeugung einer dichten, der Structur natürlicher Steine nahekommenden Oberfläche, mit verſchiedenen, ſorgfältig ausgewählten Magerungs- und Sinterungsmitteln gemengt, welche ein allſeitig gleichmäſsiges Schwinden beim Trocknen und Brennen beſitzen müſſen. Das Schwindmaſs beträgt meiſt ca. $^1/_{12}$, 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 Terracotten hohl hergeſtellt, wodurch für den Bau der weitere Vortheil geringen Eigengewichtes gewonnen wird.

Die verſchiedenartigen Farben-Nuancen vom reinen Weiſs, Gelb, Roth werden häufig auch durch Engobiren oder Eintauchen der getrockneten Stücke in eine Thonſchlämpe 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 hoch verdienten *Türrſchmidt* wieder eingeführt wurde.

Alle nur erdenklichen Ornamente werden aus Terracotta 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 6,5 m Höhe, Koloſſal-Figuren von 5,13 m Höhe etc. vorkommen. Statuen und Karyatiden von 2,5 m Höhe, Säulen von gleicher Höhe und darüber (bei rund 30 cm Durchmeſſer), Voluten-Conſolen bis 1,2 m Höhe, Akroterien, Candelaber und Vaſen von 2 m Höhe, ferner Frieſe, Medaillons, Roſetten, Trophäen etc. von ähnlich bedeutenden Abmeſſungen werden vielfach hergeſtellt.

Die Tragfähigkeit der Terracotten wird in der Regel gar nicht oder nur wenig in Anſpruch genommen. Indeſs zeigen die Verſuche von *Pulham*, daſs gute engliſche Terracotta immerhin 430 kg für 1 qcm trägt. Verſuche mit Conſolen der Thonwaarenfabrik von *Ernſt March Söhne* in Charlottenburg zeigen ebenfalls die bedeutende Tragfähigkeit deutſcher Handelswaare.

68) Technologiſche Eintheilung der Erzeugniſſe aus gebranntem Thon. Civiling. 1888, S. 653.

Beim Bau des Kunſtgewerbe-Muſeums in Berlin wurden Probebelaſtungen mit Terracotta-Conſolen und Architraven aus letzterer Fabrik vorgenommen, denen wir entnehmen, daſs eine Conſole des Hauptgeſimſes der Kunſtſchule von 39 cm Höhe und 66 cm frei tragender Ausladung bei ca. 2 cm Wandſtärke und einer Belaſtung in der Mitte von 1995 kg brach, eine Unterconſole vom Hauptgeſimſe des Kunſtgewerbe-Muſeums von nur 21 cm Höhe und 38 cm Ausladung bei 725 kg, die Oberconſole dazu von 32 cm Höhe und 52 cm Ausladung bei 2027,5 kg brach, während bei beiden letzteren Conſolen zuſammen verbunden erſt eine Belaſtung von 5353 kg den Bruch herbeiführte. Die Geſims-Conſolen waren dabei mit einer 1½ Stein ſtarken Mauer feſt vermauert und noch der ganzen Ausladung nach mit Ziegeln in Gypsmörtel 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 Terracotten wegen der verwickelten Formen allgemeine Coefficienten nicht gut aufſtellen laſſen, ſo kann doch auf gleiche Tragfähigkeit, wie bei anderen aus gutem Rohmaterial zweckmäſsig geformten und gut gebrannten Terracotten geſchloſſen werden, ſo daſs eine ganz bedeutende Widerſtandsfähigkeit auch mit zu den guten Eigenſchaften der Terracotten gezählt werden kann.

58. Lackwaare.

b) Lackwaare. Meiſt Zierwaaren und Nippſachen aus undicht gebrannter farbiger Grundmaſſe, unglaſirt, aber mit Lackfarbe decorirt. Dahin gehören die Siderolith-Waaren, im Grunde genommen nichts als lackirte Terracotten.

59. Verglühgut.

c) Verglühgut. Darunter verſteht man ſchwach gebrannte Erzeugniſſe aus weiſsbrennendem Thon, unglaſirt. Dahin gehören z. B. die Thonzellen für galvaniſche Elemente, die Cölner-Pfeifen etc.

60. Schmelzwaare.

d) Schmelzwaare. Unter dieſem Namen werden alle glaſirten Thonwaaren mit farbig gebranntem undichtem Scherben verſtanden. Für die Architektur hat die hierher gehörige gewöhnliche Töpferwaare keine Bedeutung, dagegen insbeſondere für den Ausbau allerdings Majolica und Fayence.

Das Bedürfniſs nach Abwechslung in Form und Farbe, beſonders an gröſseren Flächen, führte in der Architektur frühzeitig zur Polychromie. Bei Flächen, welche den zerſtörenden Atmoſphärilien 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 vielfarbigen Fragmenten von natürlichem oder künſtlichem Stein von geringen Abmeſſungen, man erfand die Moſaik-Technik, oder man gab dem gebrannten Scherben einen unvergänglichen, mit unvergänglichen Farben zu decorirenden Malgrund, die Glaſur, und erfand dadurch Majolica und Fayence.

61. Majolica.

Erſtere, urſprünglich zur Decorirung 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 etc. gehören in dieſe Kategorie. Die groſsen Thonwaaren-Fabriken 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 Thon, darauf erſt der Grund in plaſtiſchem Thon gepreſſt wird, wie bei der engliſchen Waare, oder aber, daſs zuerſt der Grund hergeſtellt und dann erſt das vertieft ausgeſparte Ornament durch Preſſen faſt trockenen Thonpulvers angebracht wird, wie bei der deutſchen Waare. Um hierbei gröſste Dichte des fertigen Steines zu erzielen, werden Pulver von Feuerſtein oder Feldſpath als Magerungsmittel zugeſetzt und die Tafeln ſcharf bis zur Sinterung gebrannt. Gute enkauſtiſche Flieſen geben deſshalb auch mit dem Stahle Funken (Mettlacher Flieſen von *Villeroy & Boch*).

β) Mosaik-Fliesen (*Mosaic tiles*) werden aus scharf gepressten und scharfkantigen Prismen von verschiedenfarbigem Thon (*tesserae*), welche meist auch Glasur erhalten, nach Zeichnung trocken zusammengestellt und sodann durch eine Paste, meist Portland-Cement, gebunden.

γ) Relief-Fliesen (*Embossed tiles*), wobei nicht, wie bei den enkaustischen *Minton*-Fliesen, die Vertiefungen der Form durch verschiedenfarbige Thonschlämpe ausgefüllt werden, sondern bei denen nach schwachem Brennen die erhabenen Stellen mit einer transparenten Glasurfarbe versehen werden, welche sehr leichtflüssig ist und daher nach dem Einbrennen kräftig plastisch (durch Schattenerzeugung) wirkt.

δ) Fayence-Majolica-Fliesen (*Majolica tiles*), welche aus weissem Thon oder weiss engobirt mit einer undurchsichtigen Zinn-Blei-Glasur versehen sind, unter oder über welcher die Zeichnung durch Handmalerei oder Druck angebracht wird.

ε) Schweizer-Majolica, nach der alten Sgraffitto-Manier dadurch decorirt, dass über einem anders gefärbten Grund eine Engobe angebracht und durch diese Kruste hindurch, durch Einritzen, der Grund in schraffirten Linien blos gelegt wird. Diese von *Keller-Leuzinger* in Heimberg (Canton Thun) eingeführte Technik wird übrigens meist für Töpferwaaren angewendet, welche mit durchsichtiger Blei-Glasur und verschiedenfarbigen Metall-Lustre-Farben versehen sind.

Die drei letzten der angeführten Verfahren gehören dem Gebiet dessen an, was man Fayence und Majolica, resp. Mezza-Majolica nennt. Zu erwähnen wäre hierbei auch noch der Verwendung solcher Fliesen als Ausbau-Material zu Fussboden-Belegen, Wandverkleidungen, für Friese und Einlagen in Mauern etc.

Die eigentliche Majolica (von der durch Mauren auf Majorca gepflegten Technik so genannt) ist mit undurchsichtiger Email-Glasur versehen, auf welche vor dem Einbrennen die verschiedenen Farben angebracht werden; dies ist die eigentliche *Lucca-della-Robbia*-Manier. Die Majolica-Technik wurde später in Frankreich durch *Palissy* u. A. wieder aufgefunden und daselbst zu hoher Blüthe gebracht; *Palissy* verband mit seinen grossen Wandfliesen auch die Relief-Ornamentik und erzielte dadurch eine doppelte Wirkung.

Die eigentliche feine Fayence (*Fayence d'art, Fayence à pâte tendre*) wurde durch Engobiren eines Untergrundes mit feinem weissen Pfeifenthon hervorgebracht und mit einer durchsichtigen Erd- oder Blei-Glasur versehen.

Die Mezza-Majolica ist ebenfalls mit durchsichtiger Blei-Glasur, aber stets auch mit Metall-Lustre versehen. Zu dieser gehören die Gubbio-Waaren.

Heute werden alle diese Arten von Decoration, je nach der beabsichtigten Wirkung, angewendet, und es verdient besonders das österreichische Kunstgewerbe-Museum in Wien als Wiedererweckerin der alten Majolica- und Fayence-Technik genannt zu werden. *Kosch* hat fast alle alten Glasurfarben in ihrer ganzen Herrlichkeit wieder componirt, manche noch übertroffen, und die Arbeiten von *Wahlss*, *Schütz*, *Klammert*, *Fischer-Herend* etc. beweisen, dass auch die Technik der Ausführung stetige Fortschritte macht.

Schliesslich wäre noch der Anwendung der Majolica- und Fayence-Technik in der Ofenfabrikation zu gedenken, welche schon im späten Mittelalter und in der Renaissance blühte und deren Wiederbelebung gleichfalls der Neuzeit angehört.

62. Steingut.

e) Steingut. Jede glasirte Thonwaare mit weissgebranntem undichtem Scherben ist genau als Steingut zu bezeichnen. Da Fayence häufig mit weiss brennendem Thon begossen wird und da andererseits Thonwaaren aus weiss brennendem Thon, schärfer gebrannt, dichten Scherben geben, so entstehen Uebergänge verschiedener Art, und man verwechselt häufig Steingut mit Fayence und nennt umgekehrt Steinzeugwaaren häufig Steingut.

Die Thonwaaren mit geflossenem, dichtem Scherben sind aus Thonen geformt, welche eine entsprechende Menge Flussmittel entweder ursprünglich enthielten oder künstlich zugesetzt 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, muſchelförmigen Anſehen, haften nicht an der Zunge und laſſen ſich vom Meſſer nicht ritzen.

Je nach der Farbe des geſinterten Thones und der Decorirung werden nach *Hartig* folgende Abtheilungen unterſchieden:

63. Klinkerwaare.

f) Klinkerwaare ſind dicht gebrannte, nicht glaſirte Erzeugniſſe aus farbig gebranntem Thon.

Dahin gehören als rohe Waare die Klinker, das tragfähigſte, dichteſte und dauerhafteſte Conſtructionsmaterial, das ſchon im vorigen Kapitel (Art. 35, S. 93) beſprochen wurde, eben ſo die Kunſtbaſaltſteine und die *Iron bricks*.

Ferner iſt als feine Waare von künſtleriſch hervorragendem Werthe hierher gehörig das Wedgewood, feine, nicht durchſcheinende, entweder in der Maſſe gefärbte oder mit farbigem Ueberzug verſehene Klinkerwaare, bei der beſonders die blauen und grünen Farben geſchätzt werden, auf welche meiſt weiſse Reliefs aufgeſetzt werden. An das Wedgewood ſchlieſst ſich der ähnliche Chromolith an.

64. Steinzeug.

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

Dahin gehören als Rohwaare das ordinäre Steinzeug, das ſich durch groſse Härte und Widerſtandsfähigkeit gegen Abnutzung, ſo wie durch gröſste Feſtigkeit auszeichnet und deſshalb ausgedehnteſte Anwendung zu ſtark beanſpruchten Ausbaumaterialien findet. Es wird gewöhnlich mit ſchwer ſchmelzbarer Erdglaſur von brauner oder graphitſchwarzer Farbe verſehen. Beſonders werden Steinzeugröhren zu Abort-, Canal-, Waſſer- und Dunſtleitungen hergeſtellt, eben ſo Abortbecken, Ausguſsbecken, Siphons und andere Formſtücke aus Steinzeug.

Für die Steinzeugröhren ſind in der Verſammlung deutſcher Thonröhren-Fabrikanten zu Caſſel 1880 Normalabmeſſungen nach dem Decimal-Syſtem vereinbart worden und folgende Weiten als Norm feſt geſetzt worden:

50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 275, 300, 350, 400, 450, 500 und 600 mm.

Häufig verwendet werden auch Schornſtein-Aufſätze der verſchiedenſten Conſtruction, Kamin- und Mauer-Abdeckplatten, Bürgerſteig- und Wandplatten etc., und in chemiſchen Fabriken, Laboratorien etc., wo es auf Widerſtand gegen Einwirkung von Säuren etc. ankommt, ſind Steinzeugwaaren geradezu unentbehrlich.

Die Steinzeugröhren widerſtehen bei ſorgfältiger Herſtellung bedeutendem Drucke; ſo ergaben Steinzeugröhren von *Lederer & Neſſenyi* in Floridsdorf bei Wien einen Innendruck-Widerſtand von 15 Atmoſphären [69]).

Zum ordinären Steinzeug gehören noch ein groſser Theil der gewöhnlichen Gebrauchsgeſchirre (Bunzlauer Geſchirr), ſo wie die mit Salzglaſur verſehenen Steinzeugkrucken und die deutſchen Steinkrüge.

Einen Uebergang zu der nächſten Gruppe bildet das ſog. weiſse Steinzeug aus weiſsem Thon mit einem Feldſpath-Fluſsmittel und durchſichtiger bleihaltiger Glaſur. Daſſelbe dient als unechtes Porzellan zum Erſatz des echten Porzellans und wird unrichtiger Weiſe häufig als Steingutwaare bezeichnet. Von dem echten Porzellan unterſcheidet es ſich durch den Mangel an Durchſcheinen.

65. Biscuit-Porzellan.

h) Biscuit-Porzellan iſt weiſses, gering durchſcheinendes, unglaſirtes Erzeugniſs, aus Porzellanerde erbrannt, das zu plaſtiſchen Darſtellungen mannigfaltige Anwendung findet. Es zeichnet ſich als halbglaſiges, bis zum völligen Fritten ge-

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

branntes Erzeugnifs durch die gröfste Härte und Feftigkeit aus, die bei nicht metallifchen Materialien bekannt ift, giebt mit dem Stahl Funken und erreicht nach *Michaëlis* eine Druckfeftigkeit von 4364 bis 13933 kg für 1 qcm, während die entfprechende Zugfeftigkeit 227 bis 266 kg beträgt.

Zum Biscuit-Porzellan gehört auch das gelblich-weifse englifche Parian-Statuen-Porzellan.

66. Glafur-Porzellan.

i) Glafur-Porzellan unterfcheidet fich von dem Biscuit-Porzellan durch feine brillante Schmelzglafur und wurde in Europa vom Goldmacher *Böttger*, dem Begründer der Meifsener Porzellan-Manufactur, erfunden; die Fabriken von Wien, Berlin und München etc. find Töchter der Meifsener Fabrik. Frankreich ging mit feiner berühmten Manufactur von Sèvres felbftändig vor und erreichte namentlich durch *Brogniart* feine höchfte Blüthe. In England hat *Wedgewood* die Porzellan-Induftrie begründet. In neueftcr Zeit hat die Berliner Porzellan-Manufactur durch die Erfindung des *Seger*-Porzellans die alten japanifchen Porzellane in ihren herrlichen Farbentönen erreicht und ganz neue Gebiete des Decorirens und der Verwendung von Porzellan erfchloffen. Man unterfcheidet denn auch im Allgemeinen folgende Sorten Porzellan:

1) Echtes oder hartes Porzellan mit gleichmäfsig gefloffener Maffe, ftahlhart, durchfcheinend, feinkörnig, klingend, ftrengflüffig; mit bleifreier harter Glafur glafirt und entweder unter der Glafur mit Scharffmerfarben oder über der Glafur mit Muffelfarben gemalt.

2) *Seger*-Porzellan, nach dem Chemiker der Berliner Manufactur (Profeffor *Seger*) benannt, hat Aehnlichkeit mit dem japanefifchen Porzellan, ift weniger ftrengflüffig, noch mehr durchfcheinend, als das bisherige Porzellan, und befitzt eine leicht gelbliche Elfenbeinfarbe. Es geftattet eine viel reichere Anwendung von Metalloxydfarben in und unter der Glafur mit ungleich gröfserer Brillanz und Schönheit als bisher. Namentlich ift hierbei die Herftellung des echten chinefifchen Roth gelungen, und es werden neben den fchönften Ziergefäfsen brillant wirkende Fliefen mit teppichartig rauhen Oberflächen hergeftellt, eine neue Technik von grofser Tragweite, da jetzt Platten von 1 cm Dicke durch und durch gefrittet hergeftellt werden können.

3) Fritten-Porzellan oder weiches Porzellan, unterfchieden in franzöfifches Fritten-Porzellan von geringer Strengflüffigkeit mit weicher, bleihaltiger Glafur und Farben unter der Glafur eingebrannt, und englifches Fritten-Porzellan, ein Caolin-Porzellan mit Knochenafche als Flufsmittel, weicher und weniger haltbar als das echte Porzellan.

Die diefem Kapitel gezogenen Grenzen geftatten nicht ein Eingehen in die Einzelheiten der mannigfachen Abftufungen der Thonerzeugniffe; *Salvetat* zählt allein 74 verfchiedene Arten auf.

Literatur.

Bücher über »Thonerzeugniffe« und »ihre Herftellung«.

Hartmann, C. F. A. Die Thonwaaren-Fabrikation. Quedlinburg 1850.

Brongniart, A. *Traité des arts céramiques.* 2. Aufl. Paris 1854.

Paulssen, W. Die natürlichen und künftlichen feuerfeften 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 geſammten Thonwaareninduſtrie. 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 Thonwaaren-Induſtrie. Von E. Teirich. Heft 42: Die Maſchinen- und Werksvorrichtungen in der Thonwaaren-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 continuirlichen Brennöfen zum Brennen von Ziegelſteinen, Thonwaaren, Chamotte-, Cement- und Kalkſteinen. Halle 1876.

Stegmann, H. Die Bedeutung der Gasfeuerung und Gasöfen für das Brennen von Porzellan, Thonwaaren, 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 keramics 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 XVIe ſiècle jusqu'à nos jours.* Paris 1881.

Demmin, A. Keramik-Studien. Leipzig 1881—83.

Jaennicke, F. Die geſammte 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.

Olschewsky, W. Die Urſachen der Verwitterung bei Verblendſteinen 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 Thonwaaren-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.

Siehe auch die Literatur-Angaben auf S. 99, 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 F. Hoffmann. 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 Wochenſchrift der Ziegel-, Thonwaaren-, Kalk-, Cement- und Gyps-Induſtrie. Berlin. Erſcheint ſeit 1881.

Illuſtrirtes Fachblatt für die geſamte Glas-, Porzellan- und Steingut-Induſtrie. Red. von M. W. Wilrich. Wien. Erſcheint ſeit 1893.

Central-Blatt für Glas-Induſtrie und Keramik. Red. von O. Büttner. Frankfurt a. M. Erſcheint ſeit 1892.
Der Thonwaaren-Fabrikant. Zeitſchrift für Ziegler, Hafner, Kalk- und Cement-Induſtrie. Herausg. von J. Bührer. Stuttgart. Erſcheint ſeit 1875.
The pottery and glaſs journal. New-York.
Zeitſchrift für die geſammte Thonwaareninduſtrie und verwandte Gewerbe. Red. von H. Stegmann. Braunſchweig. Erſcheint ſeit 1876.
Thoninduſtrie-Zeitung. Wochenſchrift für die Intereſſen der Ziegel-, Terracotten-, Töpferwaaren-, Steingut-, Porcellan-, Cement- und Kalkinduſtrie. Herausg. von H. Seeger & E. Cramer. Berlin. Erſcheint ſeit 1877.
Die Keramik etc. Herausg. von H. Arendt. Zittau 1893.
Keramiſche Rundſchau. Illuſtrirte Fachzeitung der Porzellan-, Glas- und Thonwaaren-Induſtrie. Red. von F. C. Höna & O. Mokrauer-Mainé. Coburg. Erſcheint ſeit 1893.
Sprech-Saal. Organ der Porzellan-, Glas- und Thonwaaren-Induſtrie etc. Red. von A. Schmidt. 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.

3. Kapitel.

Die Mörtel und ihre Grundſtoffe.

Von Hans Hauenschild.

a) Allgemeines.

67. Aufgabe des Mörtels.

Unter Bindemittel oder Mörtel im weiteren Sinne verſteht man plaſtiſche Subſtanzen, welche einerſeits zur Ausfüllung der Fugen in den raumbegrenzenden Conſtructionstheilen, andererſeits zur Verbindung derſelben zu einem ſtabilen Ganzen dienen. Die Fugenausfüllung durch eine plaſtiſche, allen Unebenheiten ſich anſchmiegende Maſſe bewirkt einmal die gleichmäſsigere Vertheilung des Druckes auf die ganze Unterlage, vermehrt alſo die Stabilität in Folge Erhöhung der Druckfeſtigkeit des Mauerkörpers; ferner wird durch die Verbindung der einzelnen Theile zu einem Ganzen die aus der Reibung ſich ergebende Stabilität weſentlich erhöht. Beſitzt der Mörtel auſserdem die Eigenſchaft, ſelbſt eine dem verbundenen Bautheile entſprechende Feſtigkeit anzunehmen, ſo tritt er nicht bloſs mittelbar, ſondern auch unmittelbar als Conſtructionsmaterial auf.

Die zu Mörtel tauglichen Stoffe verhalten ſich verſchieden, je nachdem ihre Plaſticität 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 plaſtiſch 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 Theil der zur Herſtellung der Breiform verwendeten Flüſſigkeit auch im feſten Zuſtande damit verbunden bleibt, entweder ſtricte chemiſch gebunden oder bloſs intramolecular als Kryſtall- oder Colloid-Flüſſigkeit. Dieſe Art von Bindemitteln allein wird im gewöhnlichen Leben Mörtel (Mörtel im engeren Sinne) genannt, und es gehören dahin die Kalk-, Cement- und Gypsmörtel.

2) Mechaniſche Mörtel, welche den Uebergang 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 Chamotte-Mörtel, viele Kitte und Klebemörtel, andererſeits der Aſphalt- und Paraffinmörtel, der Schwefel und die Lothe. 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 ſtrenge nach ihren Grundſtoffen, ſondern in erſter Linie nach ihrer Eignung zu verſchiedenen Verwendungszwecken und erſt in zweiter Linie nach ihrer chemiſch-phyſikaliſchen Verſchiedenheit eingetheilt und benannt. 68. Bindemittel.

Nach dem Vorgange des öſterreichiſchen Ingenieur- und Architekten-Vereins und des ſchweizeriſchen Ingenieur- und Architekten-Vereins hat die folgende einheitliche Benennung der zur Mörtelbereitung gebrauchten Bindemittel allgemeine Geltung erlangt.

1) Luftkalke. Dieſe ſind Erzeugniſſe, welche durch Brennen von Kalkſteinen gewonnen werden und die, mit Waſſer benetzt, ſich meiſt unter erheblicher Wärmeentwickelung und Volumvergröſserung zu Pulver löſchen. Nach örtlichen Verhältniſſen werden die Luftkalke in Stückform oder hydratiſirt, in Pulverform, in den Handel gebracht. 69. Luftkalke.

Alle gar gebrannten kryſtalliniſch-körnigen, dichten oder poröſen Kalkſteine, die beim Löſchen unter erheblicher Wärmeentwickelung und unter Gedeihen in ein mehlig weiches Pulver (Kalkhydrat, Staubhydrat) zerfallen, liefern Luftkalk. Beim Löſchen geht der Aetzkalk zunächſt in pulverförmiges Kalkhydrat, bei weiterer Waſſerzufuhr in einen Brei über. Durch noch weiteren Waſſerzuſatz entſteht Kalkmilch, eine Emulſion von ſchwebendem Kalkhydrat in Kalkhydratlöſung.

Wärmeentwickelung und Gedeihen hängen mit dem Gehalt an Aetzkalk zuſammen; je unreiner ein Kalk iſt, deſto geringer die Wärmeentwickelung und das Gedeihen. Mit ſteigendem Gehalt an Thon, Sand etc. wird eine Grenze erreicht, von der ab gebrannter Kalk ſich nicht mehr zu Pulver löſcht. Dieſe Grenze iſt erfahrungsgemäſs die, wenn er im ungebrannten Zuſtande ca. 18 Procent in Salzſäure unlösliche Beſtandtheile enthält, gleichmäſsig feine Structur vorausgeſetzt.

Die löſchbaren Kalke werden in fette und magere Kalke unterſchieden, die aber unmerklich in einander übergehen. Der fetteſte Kalk aus dem reinſten dichten Kalkſtein vermehrt ſeinen Rauminhalt beim Löſchen auf das Drei- bis 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, wie der fette Kalk, raſcher und vollſtändiger und erlangt, insbeſondere wenn er aufgeſchloſſene Silicate in erheblicher Menge enthält, die Fähigkeit, unter Waſſer nicht mehr zu erweichen: er wird hydrauliſch. Deſshalb bildet der magere Kalk auch den Uebergang zu den hydrauliſchen Bindemitteln, deren einheitliche Benennung nach den Beſchlüſſen der Münchener Conferenz folgt.

2) Hydrauliſche Kalke ſind Erzeugniſſe, welche durch Brennen von mehr oder weniger thon- (oder kieſelſäure-) haltigen Kalken gewonnen werden und, mit Waſſer genetzt, ſich ganz oder theilweiſe zu Pulver löſchen. Nach örtlichen Ver- 70. Hydrauliſche Kalke.

hältniſſen werden dieſelben entweder in Stückform oder hydratiſirt in Mehlform in Handel gebracht.

71. Roman-Cemente. 3) Roman-Cemente ſind Erzeugniſſe, welche aus thonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze gewonnen werden und bei Netzung mit Waſſer nicht löſchen, ſondern durch mechaniſche Zerkleinerung in Mehlform gebracht werden müſſen.

72. Portland-Cemente. 4) Portland-Cemente ſind Erzeugniſſe, welche aus natürlichen Kalkmergeln oder künſtlichen Miſchungen thon- oder kalkhaltiger Stoffe durch Brennen bis zur Sinterung und darauf folgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit gewonnen werden und auf 1 Gewichtstheil Hydraulefactoren mindeſtens 1,7 Gewichtstheile Kalkerde enthalten. Zur Regelung techniſch wichtiger Eigenſchaften iſt ein Zuſatz fremder Stoffe bis zu 2 Procent des Gewichtes ohne Aenderung des Namens zuläſſig.

73. Hydrauliſche Zuſchläge. 5) Hydrauliſche Zuſchläge ſind natürliche oder künſtliche Stoffe, welche im Allgemeinen nicht ſelbſtändig, ſondern in Verbindung mit Aetzkalk hydrauliſch erhärten, z. B. Puzzolanerde, Santorinerde, aus geeignetem vulkaniſchem Tuff (Traſsſtein) erzeugter Traſs, Hochofenſchlacken, gebrannte Thone u. ſ. w.

74. Puzzolan- und gemiſchte Cemente. 6) Puzzolan-Cemente ſind Erzeugniſſe, welche durch innigſte Miſchung pulverförmiger Kalkhydrate mit ſtaubfein zerkleinerten hydrauliſchen Zuſchlägen gewonnen werden.

7) Gemiſchte Cemente ſind Erzeugniſſe, welche durch innigſte Miſchung fertiger Cemente mit geeigneten Zuſchlägen gewonnen werden. Derartige Bindemittel ſind nach dem Grundſtoff und der Angabe des Zuſchlages ausdrücklich als »gemiſchte Cemente« zu benennen.

So weit die Beſtimmungen der Vereinheitlichungs-Conferenzen. Es erübrigt noch einige nicht in den Rahmen der Hauptmörtelſtoffe gehörige Bindeſtoffe kurz zu kennzeichnen und den allen Mörtelarten gemeinſam zukommenden Füllſtoff, den Sand, eingehender zu behandeln.

75. Magneſia-Kalk. 8) Magneſia-Kalk (Dolomit-Cement, Weiſs-Cement) iſt entweder ſchwach — bis zur Austreibung der Kohlenſäure der Magneſia und Umformung des kohlenſauren kryſtalliniſchen Kalkes in amorphen — gebrannter Dolomit, der ſodann gemahlen und angemacht langſam hydrauliſch erhärtet, oder bis zu völliger Aetzkalkbildung gebrannt. In dieſem Falle beſitzt er gelöſcht geringe hydrauliſche Eigenſchaft und dient als magerer Luftmörtel.

76. *Sorel*'ſcher Cement. 9) *Sorel*'ſcher Cement (Magneſia-Cement). Aus gebranntem amorphem Magneſit mittels Chlormagneſium-Löſung zu Mörtel angemacht, übertrifft er ſämmtliche Bindemittel an Kittkraft, beſitzt aber keine hydrauliſchen Eigenſchaften. Der ebenfalls von *Sorel* ſtammende Zink-Cement (*Ciment métallique*), eine Miſchung von Zinkoxyd mit Zinkchlorid, beſitzt ähnliche Eigenſchaften.

77. Gyps. 10) Gyps. Je nachdem der Gyps ſchwächer oder ſtärker gebrannt wird oder Beimengungen erhält, die ihm beſtimmte Eigenſchaften verleihen, entſteht:

α) Gewöhnlicher Gyps, der bei ſchwachem Brennen von 120 bis 180 Grad entwäſſert, ohne alles Waſſer abgegeben zu haben; er bindet als Pulver mit Waſſer raſch ab und beſitzt keine hydrauliſchen Eigenſchaften.

β) Hydrauliſcher Gyps, bei beginnender Rothgluth gebrannt, langſam mit wenig Waſſer bindend, hydrauliſch erhärtend.

γ) Alaungyps (*Keene*'s Cement), Material von Marezzo-Kunſt-Marmor, rein weiſser Gyps, mit Alaunlöſung nach dem Brennen getränkt, nochmals bei Rothgluth gebrannt und das Pulver mit Alaunlöſung angemacht.

δ) Borax-Gyps (Parian-Cement), ähnlich wie *Keene*'s Cement, aber aus in Borax getränktem und wieder gebranntem Gyps; beide ſind langſam bindend, hydrauliſch und politurfähig erhärtend.

ε) *Scott*'s Cement (*Selenitic mortar*) iſt nichts weiter als Kalk, dem beim Löſchen einige Procente Gyps zugeſetzt werden; dadurch wird eine überſättigte Gypslöſung erzielt, welche das Zerquellen des Kalkes zu Gelatine verhindert und hydrauliſche Erhärtung bewirkt.

78. Sand.

Bei den meiſten Mörtelarten ſpielt der Sand als Füllſtoff und ſtarres Skelett für die weichen verkittenden Bindemittel nicht bloſs der Menge nach eine hervorragende Rolle; ſondern die Güte des Mörtels überhaupt iſt eben ſo eine Function des Sandes, wie des Bindemittels. Sand iſt ein loſes Haufwerk von Mineraltrümmern, welche bei ſehr verſchiedener Korngröſse von höchſtens ca. 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 deſshalb bezüglich ihrer Eigenfeſtigkeit, Spaltbarkeit und Adhäſionsfähigkeit, ſo wie Menge und Gröſse der Zwiſchenräume ſehr verſchiedenartig.

Am beſten eignet ſich der, auch am meiſten in der Natur verbreitete, Quarzſand, welchen die Flüſſe herbeiführen und der auch als das Erzeugniſs älterer Anſchwemmungen ſich in mächtigen Ablagerungen vorfindet; nächſt dieſem Dolomit- und Kalkſand aus kryſtalliniſchen 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 Mauerſand verwendet werden, insbeſondere vulcaniſche kleinkörnige Erzeugniſſe, z. B. der Bimsſteinſand der Eifel.

Einen vorzüglichen Sand geben ferner granulirte oder zerſtampfte Hochofenſchlacken, eben ſo Ziegelmehl aus hart gebrannten Backſteinen. Letztere Sande, welche aus durch Gluth aufgeſchloſſenen Silicaten beſtehen, geben dem Bindemittel, auch dem Luftkalk, hydrauliſche Eigenſchaften und werden in Art. 146 als hydrauliſche Zuſchläge behandelt.

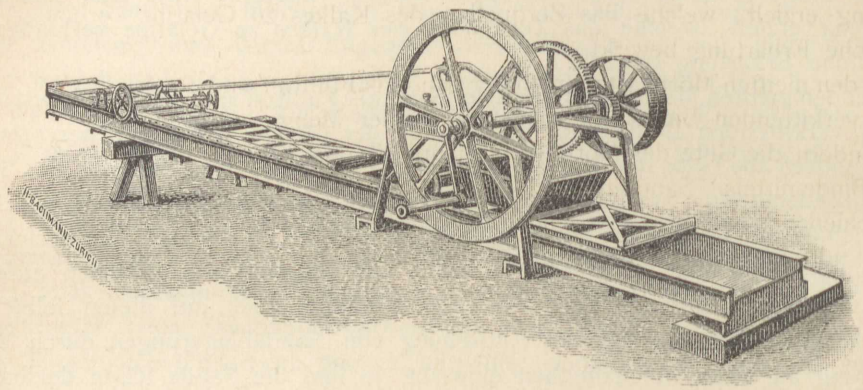
Die wichtigſten Erforderniſſe für guten Sand ſind nicht zu kleines, am beſten gemiſchtes Korn mit möglichſt ſcharfkantiger, ebenflächiger Begrenzung, daher engſter Lagerung fähig, ferner ungehinderte Benetzbarkeit durch das Bindemittel und unzerſetzte Beſchaffenheit der Sandkörner ſelbſt. Schlamm, Thon, Staub verhindern das unmittelbare Anlagern und Benetzen durch das Bindemittel, eben ſo manchmal erdöl- und aſphaltartige Durchtränkung des Sandes oder Gehalt an Torf und Humus. Durch unreinen Sand kann die Wirkung der vorzüglichſten Bindemittel vollſtändig vernichtet werden, dagegen durch gereinigten Sand eine mehrfach höhere Feſtigkeit bei dem gleichen Bindemittel erzielt werden.

Für alle wichtigeren Arbeiten, insbeſondere bei Betonbauten und Conſtructionen in *Monier*-Syſtem, iſt gewaſchener Sand, der von allen anhaftenden thonigen und ſchlammigen Theilen befreit iſt, anzuwenden, wenn nicht reiner Flusſand zur Verfügung ſteht.

Bei ſolchen wichtigeren Arbeiten bedient man ſich am beſten einer Sandwaſch-Maſchine. Als ſolche hat ſich in der Praxis mit beſtem Erfolg die Sandwaſch-Maſchine von *Greffly-Ruge* [70]) eingeführt (Fig. 15).

Dieſelbe beſteht aus einer geneigten, an beiden Enden offenen, flachen Blechrinne von 6 m Länge und 50 cm Breite, die auf zwei Langſchwellen gelagert iſt. Ein Syſtem von gelenkig montirten Kratzern aus Blech bewegt ſich durch Kurbelantrieb auf dem Boden hin und her. Der Sand wird am unteren

Fig. 15.



Sandwaſch-Maſchine von *Greffly-Ruge* [70]).

Theile aufgeworfen, von den Kratzern erfaſſt und nach aufwärts geſchoben, während das Waſſer am oberen Ende zufließt und ſo, nach dem Grundgedanken des Gegenſtromes arbeitend, die Reinigung mit möglichſt geringem Waſſerverbrauch beſorgt.

Dieſe Maſchine leiſtet täglich ca. 15 cbm Sand und braucht hierzu nur ca. 68 Procent Waſſer.

Wie wichtig die verſchiedene Beſchaffenheit des Sandes bezüglich der Feſtigkeitsverhältniſſe iſt, erhellt aus folgendem Beiſpiele aus der Praxis mit 6 verſchiedenen Bauſanden.

Die Zahlen bedeuten die Zugfeſtigkeiten einer Miſchung von 1 Gewichtstheil deſſelben Portland-Cementes mit 3 Gewichtstheilen verſchiedenen Sandes nach 28-tägiger 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
derſelbe, grob	20,2	derſelbe, grob	21,1

Normalſand . . . 20,9.

79. Normalſand.

Da alſo nachgewieſenermaßen daſſelbe Bindemittel ganz bedeutend verſchiedene Feſtigkeiten aufweiſen kann, je nach der Beſchaffenheit des Sandes, ſo iſt für alle vergleichenden Qualitätsprüfungen von Bindemitteln ein einheitlicher, ſtets gleich bleibender Sand als Prüfungsmittel nothwendig. Dies iſt der vom Verein deutſcher Portland-Cement-Fabrikanten feſt geſetzte und von allen Staaten ſeither angenommene Normalſand.

Dieſer Normalſand wird dadurch gewonnen, daß man möglichſt reinen Quarzſand wäſcht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maſchen auf 1 qcm ſiebt, dadurch die gröbſten Theile ausſcheidet und aus dem ſo erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maſchen auf 1 qcm noch die feinſten Theile 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

70) Siehe: Schweiz. Bauz. 1886, Nr. 20.

Behandlungsweife die gleiche Feftigkeit ergeben, fo wird jetzt allgemein der unter der Controle des Vorftandes des deutfchen Cement-Fabrikanten-Vereins ftehende Freienwalder Normalfand benutzt, der vom Laboratorium der Thoninduftrie-Zeitung in Berlin bezogen wird.

80. Gewicht des Sandes.

Das Eigengewicht von Sand ift nicht unwefentlich verfchieden, felbft bei einem und demfelben Sande. Denn Sand ift ftets nur mit Hohlräumen fchichtbar, und da bei jedem Meffen, je nach Gröfse und Höhe der Gefäfse und nach der Art des Einfüllens und Zufammenrüttelns, die Aneinanderlagerung der Sandkörner und damit die Summe der Hohlräume fich ändert, fo ift eine Ungenauigkeit des Meffens nicht zu vermeiden. Um diefe Ungenauigkeiten auf ein praktifch nicht mehr ftörendes Mafs zurückzubringen, fchlägt *Stahl* die Einführung von Annahmen von Eigengewichten für jeden Sand vor, welche durch Verfuche beftimmt werden follen. Für Normalfand fchlägt er die Annahme von 1500 g für 1 l vor, und zwar in lofe eingefülltem Zuftande.

81. Schwinden des Sandes.

Da fich aber auch beim noch fo feft eingerüttelten oder eingeftampften Sand die Hohlräume nur auf ein Mindeftmafs herabdrücken laffen, niemals aber ganz verfchwinden können, fo ift das Mafs des Sandes im eingerüttelten Zuftande, wenn davon die noch bleibenden Hohlräume abgezogen werden, auch das wirkliche phyfikalifche Volum. Normalfand befitzt ein Einheitsgewicht von 2,65; demnach ift fein phyfikalifches Volum, auf lofes Litergewicht gleich 1,5 bezogen,

$$V = \frac{P}{S} = \frac{1{,}5}{2{,}65} = 0{,}56\,,$$

d. h. in 1 l lofe eingefüllten Sandes von 1,5 kg Gewicht befinden fich 56 Procent oder 560 cbcm feffe Maffe. Wird dagegen diefelbe Menge Sand feft gerüttelt, fo mifft fie nur mehr 900 cbcm. Diefe 900 cbcm enthalten demnach 560 cbcm feffe Maffe und 340 cbcm Hohlräume oder, in Procenten ausgedrückt, 37,7 Procent, während lofer Sand demnach 44 Procent Hohlräume enthält. Der Normalfand fchwindet daher um 10 Procent. Es giebt aber Sande, die über 20 Procent fchwinden. Da bei allen Sanden, wegen ihrer fo fehr grofsen Verfchiedenheit in Korngröfse und Form, die Schwindungsgröfse und die Mindeftfumme der Hohlräume aufserordentlich verfchieden find und die Mörtelausgiebigkeit fich als das Mafs darftellt, welches eine Mifchung giebt, die aus Sand, Bindemittel und dem abforbirten Anmachewaffer nach dem Eintritt der Erhärtung übrig bleibt, fo ift die Wichtigkeit des Sandes für die Mörtelausgiebigkeit erwiefen.

82. Mörtelausgiebigkeit.

In den meiften Fällen macht der Sand den vorwiegenden Beftandtheil des Mörtels aus, und beim fog. Normalmörtel, in dem eben fämmtliche Zwifchenräume des Sandes durch die Mifchung aus Bindemittel und Anmachewaffer ausgefüllt werden und die Gefammtmörtelmaffe die dichteffe Lagerung hat und damit den kleinften Rauminhalt einnimmt, beträgt die Maffe des Sandes fchon über 60 Procent, während fie bei mageren Mörteln bis 90 Procent und darüber fteigt [71]). Daher ift es leicht erklärlich, dafs die Befchaffenheit des Sandes von viel gröfserem Einflufs auf die Mörtelausgiebigkeit ift, als die Befchaffenheit des Bindemittels.

Ein fchlagender Beweis hierfür wird durch die Verfuche des Verfaffers erbracht. Die Ausgiebigkeiten verfchiedener Bindemittel mit Zufatz von verfchiedenen Sandforten nach Volum ergaben fich wie folgt.

---

71) Siehe: Hauenschild. Neue Aufgaben für künftige Conferenzen. Thonind.-Ztg. 1891, S. 908.

Dabei ist der verschieden körnige und verschieden dicht lagernde Sand mit *a*, *b*, *c* bezeichnet, und die Litergewichte sind im lose eingefüllten Zustand angenommen.

			Mafstheile: Bindemittel zu Sand			
			1 : 0	1 : 3		
				a	*b*	*c*
Chaux du Theil	1 l = 700 g	giebt Mörtel:	700	3000	2950	2880
Roman-Cement A	1 l = 800 g	» »	730	3000	2950	2900
Roman-Cement B	1 l = 850 g	» »	750	2950	3000	2900
Roman-Cement C	1 l = 900 g	» »	750	2950	3000	2900
Portland-Cement A	1 l = 1200 g	» »	830	3000	3100	2930
Portland-Cement B	1 l = 1300 g	» »	860	3050	3100	2930
Portland-Cement C	1 l = 1400 g	» »	880	3050	3120	2950
			Cub.-Centimeter.			

1 l *Chaux du Theil* von 700 g Gewicht giebt alfo z. B. mit 3 l Sand *a* 3000 cbcm, während 1 l Portland-Cement C von dem doppelten Gewicht 1400 g, mit 3 l Sand *c* nur 2950 cbcm ausgiebt.

83. Beftimmung der Hohlräume. Nach dem Volum lofe eingefüllt, find in Folge der Verfchiedenheit der Sande unter Umftänden leichte Bindemittel ausgiebiger, als eine Mifchung mit ftärker fchwindendem Sand, die bei fonft gleichen Volumverhältniffen das doppelte Gewicht an einem fchweren Bindemittel enthält.

Die Beftimmung der Hohlräume eines pulverförmigen Stoffes ift wegen der Nothwendigkeit und Schwierigkeit der Herftellung der dichteften Lagerung und der Ausfüllung fämmtlicher Mindeftthohlräume nicht ganz leicht. Zu verwerfen ift das Verfahren, auf eine gemeffene Menge Sand fo lange Waffer zu giefsen, bis die Oberfläche fatt nafs ift.

Am beften gelingt Uebereinftimmung in den Ergebniffen, wenn zu einer in einem möglichft weiten, nach oben fich verengenden und graduirten Gefäfse befindlichen Menge Sand, der feft gerüttelt ift, von unten aus einer graduirten, durch Kautfchukfchlauch verbundenen Röhre fo lange Waffer zugeführt wird, bis der Sand durchnetzt, von Luftblafen frei und völlig dicht gelagert ift. Dies gefchieht mit dem *Hauenfchild*'fchen Pfammometer, wozu auch übrigens das fpäter zu erwähnende Volumenometer von *Schumann* dienen kann, wenn eine vorher auf dichteftе Lagerung gebrachte gemeffene Menge Sand in das im Gefäfse befindliche Waffer gegoffen und dann aus dem phyfikalifchen Volum die Hohlräume beftimmt werden.

84. Mörteltheorie. Die Wirkfamkeit der einzelnen Mörtelgrundftoffe beruht auf ihrer Verkittungs- und Erhärtungsfähigkeit. Die Verkittungsfähigkeit ift eine Eigenfchaft, die nur folchen Stoffen innewohnt, welche einen Zwifchenzuftand zwifchen flüffig und feft annehmen können und, in diefem Zuftand die zu verkittenden Flächen benetzend, rafcher oder langfamer in den feften Zuftand übergehen. Diefer Zuftand kommt nur amorphen Körpern zu und wird als colloidaler, leimartiger Zuftand bezeichnet. Thatfächlich werden alle Mörtelgrundftoffe durch das Brennen in den amorphen Zuftand übergeführt und gehen durch Einwirkung von Waffer oder anderen Flüffigkeiten geeigneter Natur in halbweichen, teigigen Zuftand über. Zwifchen Flüffigkeiten und feften Körpern findet Anfangs eine fcheinbare Adhäfion ftatt, die dann in wirkliche Adhäfion übergeht.

Das *Stefan*'fche Gefetz der fcheinbaren Adhäfion lautet: Zwei einander nahe gebrachte benetzte Flächen haften mit einer Kraft dynamifch an einander, welche der zur Trennung nöthigen Zeit t umgekehrt proportional ift; t wächst im quadratifchen Verhältnifs, wenn die Entfernung a der Flächen in einfachem

Verhältniſs abnimmt, ferner iſt die Zeit t proportional der 4. Potenz der Flächenhalbmeſſer und einfach proportional dem Zähigkeits-Coefficienten μ der benetzenden Flüſſigkeit und entſpricht nahezu der Formel

$$t = \frac{3\,\pi\, r^4\,\mu}{4\,G\,a^2}\,.$$

Der Zähigkeits-Coefficient iſt am gröſsten bei amorphen Löſungen oder echten Colloiden und bei überſättigten Löſungen von kryſtalliſirbaren Verbindungen. Bei den Zwiſchenzuſtänden zwiſchen Löſung und ſtarrem Zuſtand iſt der Zähigkeits-Coefficient, d. h. die Zeit, in welcher unter gleichem Drucke gleiche Volume der Flüſſigkeit durch eine Capillarröhre ſtrömen, ſchon unmeſsbar und wird unendlich groſs durch den Uebergang in den ſtarren Zuſtand und damit auch die Haftzeit, oder die dynamiſche Adhäſion geht in die ſtatiſche Adhäſion oder in die Cohäſion über. So lange dieſer Zwiſchenzuſtand dauert, folgt jedes Bindemittel und jeder Kittſtoff dem *Stefan*'ſchen Geſetze, und thatſächlich kann während der Plaſticitätsdauer 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 lothrechten Wänden, das Zerfallen von Mörtelproben unter Waſſer ſind Beweiſe dafür. Dagegen bewirkt das Benetzen der einzelnen Theilchen des Bindemittels mehr oder weniger weit gehendes Quellen der Oberflächen; die colloidal anquellenden Maſſen nähern ſich; ſie ziehen ſich endlich molecular an, unter Verminderung der Zwiſchenräume und Verdrängung des Quellungsmittels. Das Quellungsmittel ſelbſt löst theilweiſe aus den Colloiden kryſtalliſirbare Stoffe und bildet zwiſchen den ſchwammartig an einander gequollenen Theilchen überſättigte Löſungen, die entweder allmählich oder in beſtimmbarer Zeit zu kryſtalliſiren beginnen. Damit iſt der Uebergang in den ſtarren Zuſtand gegeben, und der Beginn ſtabiler Lagerung, das, was man das Geſtehen colloidaler teigartiger Maſſe oder den Erhärtungsbeginn nennt, eingeleitet. Alles was Annäherung der Maſſentheilchen befördert: Druck, Temperaturerhöhung, Verminderung der Zwiſchenflüſſigkeit durch Abſaugen oder Verdunſten — befördert, bezw. beſchleunigt das Starrwerden, das Abbinden. Trifft mit dem Abbinden auch gleichzeitig der Beginn der Kryſtalliſation aus überſättigter Löſung zuſammen, ſo ſind Abbinden und Erhärtungsbeginn gleich bedeutend. Alles, was die Annäherung der Maſſentheilchen verhindert: Uebermaſs des Quellungswaſſers oder Uebermaſs 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 Capillarräumen eingeſchloſſene Mengen von überſättigter Flüſſigkeit ſehr lange in dieſem Zuſtande verharren können und daſs in colloidal angequollenen amorphen Körpern die Molecüle labil gelagert ſind und die Möglichkeit der Kryſtalliſation nur in der, wenn auch geringen Beweglichkeit und Umlagerungsfähigkeit derſelben gegeben iſt.

Bei den einzelnen Bindemitteln ſoll auf die Colloid- oder Verkittungstheorie, als für alle Mörtelſtoffe geltend, zurückgekommen werden. Dieſe phyſikaliſche Erklärungsweiſe der Mörtelwirkſamkeit wurde zuerſt vom Verfaſſer aufgeſtellt, von *Stahl*, *Knapp*, *Erdmenger*, *Merceron-Vicat*, *Zulkowski* etc. 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 Maſſentheilchen, auch wenn ihm kein Füllſtoff beigemengt iſt, und da nach *Pfaundler* der Zähigkeits-Coefficient mit dem Ueberwiegen der feſten Theilchen 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.

85. Verſchiedenheit.

Je nachdem der Luftmörtel als conſtructiver Mörtel (Mauermörtel) oder als ſchützender und ſchmückender Ueberzug (Putzmörtel) verwendet wird und je nach der Ausnutzung ſeiner Adhäſions- oder ſeiner Feſtigkeitseigenſchaften, ſind Bereitung und Gebrauch deſſelben verſchieden.

Die Wirkſamkeit des Luftkalkmörtels beruht auf der Fähigkeit des gebrannten Kalkes, beim Zuſammenbringen mit Waſſer unter Wärmeentwickelung Kalkhydrat von verſchiedener Beſchaffenheit zu bilden, das verkittend auf den zugeſetzten Sand und die zu verbindenden oder zu verdeckenden Bautheile wirkt und unter Aufnahme von Kohlenſäure von aufsen nach innen erhärtet. Je nach der Menge Waſſer, welche beim Löſchen dem gebrannten Kalk zugeführt wird, treten folgende Stadien ein:

86. Staubhydrat.

1) Staubhydrat. Wird Aetzkalk mit nur ſo viel Waſſer in Berührung gebracht, als zur Hydratbildung erforderlich iſt, ſo bildet ſich unter Erhitzung bis über 150 Grad und Zerberſten und Aufquellen feinſter Staubkalk. Derſelbe enthält theoretiſch 24,76 Procent Waſſer; in Wirklichkeit ſchwankt der Waſſergehalt zwiſchen 20 bis 23 Procent, da ſelten ganz reiner Aetzkalk vorliegt. Das Staubhydrat beſitzt ein phyſikaliſches Einheitsgewicht von 2,078; 1 l loſe eingefüllt wiegt dagegen nur 0,55 bis 0,60 kg, bildet daher ein äuſserſt loſes Pulver, das nur 0,45 kg Aetzkalk enthält. Da das phyſikaliſche Einheitsgewicht des Aetzkalks 2,80 beträgt, ſo beträgt die Ausgiebigkeit einer Gewichtseinheit Aetzkalk bei Verwandelung in loſes Staubhydrat das 4,66-fache. Wird dagegen das Gewicht einer Raumeinheit Aetzſtückkalk zu Grunde gelegt — alſo ſammt den Poren, aber ohne Zwiſchenräume — ſo beträgt die Ausgiebigkeit, da ſelbſt dichter Aetzkalk noch gegen 50 Procent Porenräume beſitzt, für Staubhydrat noch das 2,5-fache. Wird jedoch das ganz ſchwankende, mit den Zwiſchenräumen der Stücke gemeſſene Hektolitergewicht zu Grunde gelegt, ſo giebt 1 hl Stückkalk mit 40 Procent 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 Bedürfniſs,

hierin Einheit zu ſchaffen. Der Ziegler- und Kalkbrenner-Verein in Berlin hatte 1882 eine Commiſſion, 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 Kohlenſäure 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 Procent nöthig 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.

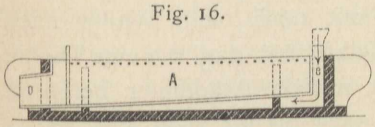
Michaëlis fand für 1 Gewichtstheil Staubhydrat zu 6 Gewichtstheilen Sand die Zugfeſtigkeit nach 4 Wochen zu 4,5 kg und nach 8 Wochen zu 6,95 kg für 1 qcm.

87. Kalkbrei.

2) Kalkbrei. Wird dem gebrannten Kalk ſo viel Waſſer zugeführt, daſs daraus ein Teig entſteht, der, ohne oberflächlich Waſſer abzuſondern, eine mehr oder weniger ſteife Gallerte darſtellt, die eine geſättigte Löſung von Kalkwaſſer in ſich birgt, ſo entſteht Kalkbrei.

Kalkbrei iſt der Ausdruck colloidaler Quellung bis zur Grenze der Verflüſſigung, und je mehr Quellungswaſſer ein gebrannter Kalk bis zu einer beſtimmten Conſiſtenz aufzunehmen vermag, deſto gröſser iſt das Volum Kalkbrei aus einer einheitlichen Menge gebrannten Kalkes. Die Menge Waſſer, die ein Kalk aufzunehmen im Stande iſt, hängt zunächſt von ſeiner Reinheit, alſo von ſeinem Gehalt an Aetzkalk, dann aber auch von der Art des Löſchens ab. Der Gehalt an Aetzkalk 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 beeinflufſt. Das Löſchen gelingt am vollkommenſten und raſcheſten, wenn dabei eine möglichſt hohe Temperatur herrſcht, wenn man entweder mit heiſsem Waſſer löſcht oder die Menge Löſchwaſſer nicht auf einmal zugiebt, ſondern zuerſt etwa gleiche Gewichtstheile gebrannten Kalk und Waſſer zuſammenbringt und, ſobald der Hydratiſirungsvorgang unter energiſcher Erhitzung eingeleitet iſt, die Stücke berſten und Dampf ausſtoſsen, unter ſtetem Umrühren den übrigen Theil des Waſſers zugiebt, das ſich dadurch ebenfalls bis zur Siedehitze erwärmt und ſchlieſslich einen dünnen Brei giebt, der in die Kalkgruben oder Sümpfe abgelaſſen wird. Man benöthigt in der Regel zum Löſchen von 1 Gewichtseinheit gebranntem Kalk 3 bis 4 Theile Waſſer.

Fig. 16.



Patent-Löſchbank von *Hilke* in Freienwalde.

Den Vortheil des Löſchens mit heiſsem Waſſer bietet in einfacher Weiſe die Patent-Löſchbank von *Hilke* in Freienwalde (Fig. 16).

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 Canal *e* unter den eiſernen Kaſten geleitet, durch die Hitze des ſich löſchenden Kalkes vorgewärmt, ſteigt an den Seitenwandungen 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 Theile beim friſch gelöſchten Kalk ſich finden, die erſt in der Grube nach-

quellen und ſonſt bei ſofortiger Verwendung im fertigen Mörtel nachquellen, dadurch Treiben und Zerſtörungserſcheinungen hervorrufen können.

Aufserdem verſickern in den durchläſſigen Gruben die gelösten Alkaliſalze, welche ſonſt zu Ausblühungen und näſſenden Stellen an Putzflächen führen können. Für Putzmörtel wird daher hauptſächlich möglichſt lang gelumpfter Kalk verwendet.

Da häufig der Kalk nach ſeiner Ausgiebigkeit als Kalkbrei bezahlt wird, ſo iſt eine Normal-Conſiſtenz des Breies feſt zu ſetzen nöthig. Die oben erwähnte Commiſſion hat auf Vorſchlag *Tetmajer*'s beſchloſſen, diejenige Steifheit als Normal-Conſiſtenz anzuerkennen, die bei eben eingetretener Riſsbildung des Rüdersdorfer Kalkbreies einen nach dem Grundgedanken der *Vicat*'ſchen Nadel wirkenden Piſton mit 2 kg Belaſtung 25 mm tief eindringen läſſt.

Aus den gemeinſamen Unterſuchungen ergab ſich:

»α) Der Conſiſtenzgrad eines Luftkalkbreies iſt keine unmittelbare Function ſeines Waſſergehaltes. Es ſcheint, daſs der Conſiſtenzgrad bei gleichem Waſſergehalt mit der Lagerung des Stückkalkes an der Luft, ſo wie mit dem Gehalt an Magerungsbeſtandtheilen 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 Gewichtstheilen Sand pro Einheit der im Kalkbrei von Normal-Conſiſtenz enthaltenen feſten Subſtanz hergeſtellt werde.«

Bezüglich des Löſchens des zu prüfenden Kalkes wurde vereinbart, daſs 10 kg Kalk mit 24 kg heiſsem Waſſer gelöſcht werden ſoll und für die Feſtigkeitsproben 3 Gewichtstheile Sand auf 1 Gewichtstheil feſter Subſtanz im Kalkbrei angenommen.

Normaler Kalkbrei wiegt für 1 l rund 1400 g (zwiſchen 1300 und 1450 g) und enthält 60 bis 65 Procent Glührückſtand oder Kalkſubſtanz.

Die Ausgiebigkeit des Kalkes ſoll nach dem wirklichen Volum, d. h. nach dem Gewichte einer beſtimmten Raumeinheit Stückkalk beſtimmt werden, und zwar durch plötzliches Eintauchen eines gewogenen Kalkſtückes in geſchmolzenes Paraffin und raſches Herausheben volumetriſch beſtimmt werden, unter Anbringung der Correctur für den Paraffinüberzug. Als Volumenometer ſchlägt *Tetmajer* die Volumdoſe von *Hauenſchild* vor; eben ſo gut läſſt ſich aber auch das Volumenometer von *Michaëlis* verwenden.

Auf dieſe Weiſe, alſo aus dem wirklichen Aetzkalk-Volum, 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.

88. Kalkmilch.

3) Kalkmilch iſt verflüſſigter Kalkbrei, d. h. mit noch mehr Waſſer nach dem Löſchen verdünnt, und 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 Procent an Aetzkalk oder bis 339 g Kalk im Liter mit einer Dichte von 1,26 herſtellen.

Kalkmilch dient bekanntlich zu den Kalkanſtrichen, denen beliebige Erdfarben zugeſetzt werden können. Bei längerem Stehen ſetzt ſich oben klare, ſtark ätzende Flüſſigkeit ab, ein Beweis, daſs Kalkmilch keine eigentliche Flüſſigkeit iſt; denn der untere Theil verdickt ſich dabei allmählich zu ſteifem Kalkbrei. Weit länger flüſſig bleibt die Kalkmilch durch Zuſatz echter Colloidflüſſigkeit, z. B. Leimwaſſer, Molke etc., und kennzeichnet ſich ſo als eine nur colloidal gequollene, aber nicht wirklich colloidal gelöste Subſtanz.

4) Kalkwaſſer iſt die aus Kalkbrei oder Kalkmilch ſich abſondernde geſättigte Löſung von Kalk. In 100 Theilen Waſſer ſind bei 15 Grad C. 0,127 Theile Kalk löslich, und bei erhöhter Temperatur nimmt die Löslichkeit noch ab; bei 100 Grad C. ſind nur 0,06 Theile löslich. Dieſe Eigenſchaft iſt techniſch von Bedeutung; denn, wie *Roſe* nachgewieſen hat, ſetzen ſich beim Erhitzen aus kalt geſättigter Löſung unter Abſchluſs von Kohlenſäure Kryſtalle ab, die ſich beim Erkalten im Waſſer nicht mehr löſen. Darauf beruht die Wirkung des *Loriot*'ſchen hydrauliſch abbindenden Mörtels. 89. Kalkwaſſer.

5) *Loriot*'ſcher Mörtel wird unter c behandelt werden.

Es ſei hier noch der in der Mörteltechnik üblichen Ausdrücke »Verbrennen« und »Erſäufen« 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 löſchen. Es bildet ſich hierbei aus der anfänglichen Löſung unter unvollkommener Aufquellung kryſtalliniſches Kalkhydrat, das theilweiſe noch Aetzkalk umſchlieſst. Bei mangelndem Durchrühren kann ſelbſt bei genügender Waſſerzufuhr ein Theil Kalk verbrennen. Verbrannter Kalk fühlt ſich körnig, kurz und ſandig an und bildet erſt nach längerer Lagerung völlig gequollenes Kalkhydrat. 90. Verbrennen und Erſäufen des Kalkes.

Erſäuft heiſst der Kalk, wenn er auf einmal mehr Waſſer bekommt, als zur Bildung normalen Kalkbreis erforderlich iſt. Solcher Kalk iſt ohne genügende Erhitzung gelöſcht und nimmt erſt in ſpäterer Zeit die richtige Breiconſiſtenz an. In beiden Fällen wird alſo der Mörtel nicht ſchlecht, ſondern der Vorgang des Löſchens wird nur ſehr verlangſamt.

Luftkalkmörtel geht aus der Breiform in die unplaſtiſche, ſtarre Form ſtets unter Waſſerverluſt durch Verdunſten, Abſaugen und Druck über, und zwar ganz ohne ſcharf markirbare Grenze. 91. Erhärtung des Luftkalkmörtels.

Entſprechend dem *Stefan*'ſchen Geſetz nähern ſich durch die Verminderung der Waſſerhüllen die gequollenen Kalkkörner, unter Verminderung ihres Volums, aber unter Erhöhung der verkittenden Kraft, und zwar geht die Verdunſtung und damit die Volumverminderung von der Oberfläche aus und bewirkt dabei an fetten Kalkmörteln 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 Procent 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 qmm Querſchnitt bei lothrechter 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 Kohlenſäure aus der Luft, unter Bildung von kohlenſaurem Kalk in kryſtalliniſcher Form, unter ſtetiger Verminderung des Waſſergehaltes.

Alles, was das Einwirken der Kohlenſäure und das Austreten von Waſſer befördert, beſchleunigt und verſtärkt den Erhärtungsvorgang. Vergröſserung der Oberflächen, Vermehrung der Zwiſchenräume durch Erhöhung des Sandzuſatzes, Beförderung des Verdunſtens durch Luftzug und erhöhte Temperatur wirken günſtig auf

die Erhärtung; dagegen verhindern glatte Oberflächen, dichte Lagerung ohne Zwiſchenräume und Verhinderung des Verdunſtens durch Feuchtigkeit und Luftabſchluſs dieſelbe.

Daraus erklären ſich alle Erſcheinungen bei der Erhärtung. Von der Oberfläche wird ſo lange Kohlenſäure aufgeſaugt und zur Bildung von kohlenſaurem Kalk verwendet, ſo lange noch feuchtes Kalkhydrat, alſo Waſſer, vorhanden iſt, und aus dem Inneren ſo lange Waſſer zugeführt, bis die Poren der gequollenen Kalktheilchen durch den gebildeten kohlenſauren Kalk geſchloſſen ſind und die Abſorption des Porenwaſſers durch abſaugende 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 Umwandelung 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 Kohlenſäure durch die ganze Fugendicke durch, ſo wird durch die *Vicat*'ſche Nadel erſt bei einer Belaſtung bis zu 10000 g Zerſtörung der Fuge bewirkt. Daſs vor Allem die Kohlenſäureaufnahme, 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 Kohlenſäurezutritt verzögert nur die Erhärtung, verhindert ſie aber nicht; Froſt wirkt oft ohne Austrocknung nur verzögernd auf die Erhärtung (z. B. beim Fugenmörtel), und trockener Froſt bewirkt (z. B. beim Putzmörtel) ſicher wirkliches Zerfrieren. Eben ſo erklärt ſich aus der härtenden Wirkung der Kohlenſäure, daſs magere Mörtel, bei denen nicht alle Zwiſchenräume des Sandes mit Kalkbrei erfüllt ſind, viel energiſcher erhärten, als fatte Mörtel. Mörtelproben mit 5 Raumtheilen Sand auf 1 Theil Kalkbrei tragen 10000 g, während ſolche mit 3 Theilen Sand nur 7500 g nach völliger Erhärtung tragen.

Daſs auch die zur Beförderung des Austrocknens von Kalkputzwänden benutzten Coke-Körbe wirklich ein durchaus zweckentſprechendes Verfahren darſtellen, iſt durch Verſuche von *Michaëlis* nachgewieſen worden. Nur bis 100 Grad geſteigertes Trocknen unter Kohlenſäurezufuhr ſcheint dabei ungünſtig zu wirken. Mörtel aus 1 Theil Kalkbrei auf 3 Theile Sand ergab nach 4 Wochen, unter Kohlenſäurezufuhr 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 Kalkſilicat an den Berührungsſtellen von Sand und Kalk zur Erhärtung weſentlich beiträgt; jedoch haben die genauen Unterſuchungen im chemiſchen Laboratorium für Thoninduſtrie von *Seger & Cramer* in Berlin [72]) nachgewieſen, daſs ſelbſt bei über 200 Jahre alten Mörteln aus Rüdersdorfer Kalk eine Bildung von Kalkſilicat ſich nicht nachweiſen läſſt und daher gar kein Grund vorliegt, bei Luftmörtel eine Silicatbildung anzunehmen.

92. 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 Qualitätsbeurtheilung eines beſtimmten Luftkalkes beſchränkt ſich daher auch meiſt nur auf ſeine Ausgiebigkeit, worüber ſchon oben das Nöthige mitgetheilt worden iſt. Lengericher Fettkalkmörtel aus 1 Raumtheil

[72]) Siehe: Thonind.-Ztg. 1894, S. 296.

Fettkalkpulver und 1,5 Raumtheilen Normalſand ergiebt 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 nennenswerthe 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 giebt ihm auſser der Verkittungsfähigkeit auch Erhärtungsfeſtigkeit.

93. Mauermörtel.

Der Mauermörtel wird ſeinem Zwecke entſprechend aus gröberem, am beſten gemiſchtkörnigem Sand und höchſtens ſo viel Kalkbrei angemacht, daſs die Sandzwiſchenräume im dicht gelagerten Zuſtand eben noch durch Kalkbrei ausgefüllt werden. Da hierbei der Sand ſtets gemeſſen in loſem Zuſtande zur Verwendung kommt, ſo iſt die Mörtelmenge oder die Ausgiebigkeit meiſtens geringer, als das Maſs des Sandes, und der Kalkbrei trägt ſo lange zur Vermehrung des Mörtelvolums nichts bei, als er nicht mehr als die Zwiſchenräume beträgt. Da der Sand häufig 20 Procent 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 ca. 80 Procent des loſen Sandvolums beträgt.

Nach den Verſuchen von *Hauenſchild* iſt erwieſen, daſs Luftmörtel im Verhältniſs von 1 : 5 dem Volum nach bei Grundbauten energiſcher erhärtet, als ſolcher im Verhältniſs 1 : 3, weil er der Kohlenſäureaufnahme günſtiger iſt. Nur die gröſsere Geſchmeidigkeit eines Mörtels mit weniger als 3 Theilen 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 fetter, 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 Plaſticität, bewirkt.

Bei zu groſser Dünnflüſſigkeit und dabei gleichzeitiger Magerkeit, alſo bei hohem Sandzuſatz, hört oft die Plaſticität und damit die Bedingung der Verkittung 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.

Die in neuerer Zeit in gröſseren Städten eingeführte Verwendung von Mauermörtel, der durch eigene Mörtelwerke maſchinell hergeſtellt wird, hat eine ausgezeichnet ſachgemäſse Herſtellungsweiſe von gutem Mörtel eingeführt und eine ganz weſentliche Verbeſſerung in der Mörteltechnik hervorgerufen. Eben ſo vortheilhaft iſt auch die Einführung der aus Staubhydrat und Sand maſchinell ge-

mischten Trockenmörtel, die auch den Transport in entlegene Orte zulassen und denen an Ort und Stelle nur mehr das nöthige Wasser zugesetzt wird. Nach den Angaben von *Hartig*[73]) giebt der in verschiedenen Magerungsstufen hergestellte Trockenmörtel der Dresdener Mörtelwerke wesentlich höhere Zug- und Druckfestigkeiten, so wie gröfseres Adhäsionsvermögen, eine vortheilhafte Eigenschaft, die allen maschinell gemischten Mörteln in mehr oder weniger hohem Grade eigen ist und auch die Festigkeit von Luftkalkmörtel reichlich verdoppelt.

94. Putzmörtel. Putzmörtel bedarf vermöge seiner Aufgabe, lothrechte Flächen zu schützen, einer genügenden Adhäsion an den Wänden und darf aufserdem nicht so schwinden, dafs sich dabei Risse bilden. Man benutzt hierzu zuerst meist mittelgroben Sand im Verhältnifs 1 : 2 und macht den Bewurf dünn, nur ca. 5 mm stark, läfst die Schicht so anziehen, dafs sie nicht mehr plastisch wird, sondern ansaugend wirkt, wenn der zweite Bewurf darauf kommt, vermindert bei demselben die Sandmenge etwas, um gröfsere Geschmeidigkeit zu erzielen, und verwendet zum letzten Bewurf, besonders beim Ziehen von Gesimsen, feineren Sand. Auf geringe Dicke und Anziehenlassen der ganzen Fläche ist dabei genau Rücksicht zu nehmen. Am sichersten wird der Bildung von Schwindrissen vorgebeugt, wenn man zu jeder Putzlage eine Menge Roman-Cement oder Portland-Cement giebt, und zwar von innen nach aufsen weniger, so dafs dem inneren Rohbewurf am meisten Cement, etwa $^1/_4$, dem äufsersten nur etwa $^1/_{20}$ der verwendeten Menge Kalkbrei zugesetzt wird. Ein ähnlicher Putz von *Ambroselli* erhielt vom Verein zur Beförderung des Gewerbefleifses in Preufsen einen Preis[74]). *Bues* widerräth die Anwendung mehrerer Putzschichten und befürwortet das Anbringen einer einzigen, mindestens 15 mm starken Schicht[75]).

Es kommt hiernach vor Allem auf gleichmäfsige Porosität der Mauer und auf gleichmäfsigen Gehalt der Masse an Porenwasser sowohl der Fläche, als der Dicke nach an. Auch Putzmörtel wird in neuerer Zeit von den Mörtelwerken maschinell hergestellt und sowohl als fertiger Mörtel, wie auch als Trockenmörtel geliefert.

Künstlerische Verwendung findet der Luftmörtel zur Wanddecoration bei der Ausführung von Sgraffito und bei der Herstellung des Grundes zur Fresco-Malerei und zur *Keim*'schen Mineral-Malerei. Von der Technik derselben und vom Wandputz überhaupt wird noch im III. Theile dieses »Handbuches« (Band 2, Heft 1 und Band 3, Heft 3) eingehend die Rede sein.

95. Stuck. Der feinste Mörtel aus Fettkalk dient zu Stuck. Man versteht darunter gewöhnlich eine Mischung des Fettkalkes mit Gyps, welch letzterer, selbst in geringen Mengen dem Fettkalk zugesetzt, durch Entziehen des Quellungswassers und Bilden langsam krystallisirenden hydratisirten Gypses, der den Kalkmörtel zu selbständig erhärtendem Mörtel macht, seine Geschmeidigkeit befördert und die Erhärtung beschleunigt. Zu 2 bis 3 l Fettkalk wird dabei 1 l Gyps zugesetzt.

Hierher gehört auch der in der Barock-Zeit häufig verwendete Relief-Stuck. Dies ist alt abgelagerter, besonders speckig steifer Fettkalk, der mit gesiebtem Marmorstaub in solchem Verhältnifs gemengt wird, dafs er nicht mehr schwindet und, zu lange plastisch bleibendem Teig geknetet, zum Bossiren von Relief-Stuck dient.

---

73) Siehe: Civiling., Bd. 33, Heft 2.

74) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 215, S. 565.

75) Siehe auch Theil III, Band 2, Heft 1 (Abth. III, Abschn. 1, A, Kap. 4, unter a) dieses »Handbuches«.

Zu Aufsendecorationen wird heute meift Cement- oder Terracotta-, im Inneren meift Gypsverzierung genommen. Neueftens hat *L. Kefsler* das Aluminium-Fluofilicat zum dauernden Härten und zur Herftellung wetterbeftändiger Politur auf Relief-Stuck vorgefchlagen.

96. Stucco luftro.

Als Stucco luftro ift eine Marmornachahmung bekannt und in neuerer Zeit wieder vielfach im Schwunge, welche, dem Relief-Stuck ähnlich, aus alt gelagertem Kalk und Marmorftaub als Grund befteht und als Rohputz ca. 5 mm dick aufgetragen wird, zuerft mit dem Reibbrettchen und dann mit Filz verrieben, mit polirter Kelle geglättet und zuletzt mit einer Politur überzogen wird, die auf 2 l Waffer 40 bis 45 g Seife, 20 bis 25 g Pottafche und 90 bis 100 g Wachs enthält, heifs aufgetragen und heifs gebügelt wird. Die Adern, Flecken und Wolken werden vorher auf den noch naffen Putz mit einer Maffe aus feinftem dünnflüffigen Stucco-Mörtel gemalt, welchem die Farben nebft Ochfengalle und Caféinlöfung eingerührt werden; dabei fucht man nur auf dem Kalkgrund zu malen, ohne die Farben einander deckend zu verwenden. Sind diefelben fo eingefaugt, dafs fie mit dem Finger nicht mehr abfärben, fo kommt die Politur darüber und zuletzt noch Wachslöfung in Spiritus, worauf mit trockenen Lappen abgewifcht wird. Am Wiener Reichsrathshaus wurde nach diefer Vorfchrift verfahren.

Luftmörtel wird auch zur Herftellung künftlicher Steine benutzt, und es werden diefe je nach dem Füllftoff, welcher dabei als Skelett dient, verfchieden benannt.

97. Kalkfandftein.

Kalkfandfteine [76]) oder Kalkziegel werden aus fcharfem, reinem Quarzfand mit wenig frifch gelöfchtem Kalk und möglichft geringem Waffer zufatz hergeftellt; der Kalkgehalt beträgt dabei 12 bis 14 Procent, oder die Mifchung ift 1 : 6. Maffchinelle Mifchung und Formen mittels kräftig wirkender Preffen bewirken wefentlich erhöhte Feftigkeit. Trockenheit und Luftzug befördern die Erhärtung.

98. Hydro-Sandftein

Hydro-Sandftein heifst ein Kalkfandftein, der aus Staubhydrat und gewafchenem Sand maffchinell geknetet und in Formen geftampft wird, in weichem Zuftand vom Bildhauer oder Steinmetz zu figuralen oder architektonifchen Arbeiten bearbeitet und nach oberflächlichem Antrocknen in gefchloffenen Behältern einem Waffer- oder Dampfbad von 95 Grad C. 2 bis 3 Tage lang ausgefetzt wird. Nach dem vorfichtig zu erfolgenden Abkühlen ift der Stein vollftändig hydraulifch erhärtet und befitzt im Inneren grofser Blöcke genau diefelbe Härte, wie aufsen. Die Wirkung beruht dabei auf der Bildung kryftallinifchen Kalkhydrats und ift fo energifch, dafs fchon nach 24 Tagen Proben hiervon, die aus 12 Procent Kalkftaub und 88 Procent Sand beftehen, 34 kg Zugfeftigkeit und 267 kg Druckfeftigkeit für 1 qcm ergaben, alfo einen vollkommenen Erfatz für Sandftein bieten, von dem an Korn und Structur fich Hydro-Sandftein um fo weniger unterfcheiden läfft, als er auch in jeder Sandfteinfarbe herzuftellen ift.

Auf demfelben Vorgang beruht der Kunftfandftein von *Zernikow*, bei dem aber ftatt Staubhydrat Aetzkalk in Mehlform zur Anwendung kommt. Die trocken gemifchte Maffe wird in Formen eingeftampft und mit diefen in einem Dampfkeffel bei 3 Atmofphären Dampfdruck der Einwirkung des Dampfes ausgefetzt. Durch das Aufquellen und die Bildung kryftallinifchen Kalkhydrats wird hier die Erhärtung

[76]) Näheres über Erzeugung und Verwendung der Kalkfandfteine in: Krause, F. Anleitung zur Kalkfandbaukunft. 1851. — Engel. Der Kalk-Sand-Pifébau. 3. Aufl. Leipzig 1855. — Bernhardi, A. Die Kalkziegelfabrikation und der Kalkziegelbau auf ihrem gegenwärtigen Standpunkt etc. 4. Aufl. Eilenburg 1873.

hervorgerufen. *Michaëlis* iſt der eigentliche Erfinder dieſer beiden Kunſtſteinarten, die eine rege Induſtrie und viele Nachahmungen hervorgerufen haben.

99. Schlackenſteine. Statt Sand werden zu Kalkziegeln auch vielfach granulirte Hochofenſchlacken genommen und daraus die Schlackenſteine hergeſtellt, die zuerſt von der Georgs-Marienhütte in Osnabrück und jetzt an vielen anderen Orten als ſehr wetterfeſte, auch zu Grundmauern und Canaliſationen taugliche Steine erzeugt werden.

100. Löſchziegel. In der Schweiz und in Südfrankreich wird vielfach ſtatt Sand geſiebte Steinkohlenaſche zur Herſtellung der ſog. Löſchziegel benutzt, die ſich durch groſse Poroſität und Leichtigkeit bei genügender Feſtigkeit und hervorragender Schallſicherheit auszeichnen. Die Formate werden dabei reichlich doppelt ſo dick, wie Normalſteine genommen. Sie erreichen eine Druckfeſtigkeit von 15 kg für 1 qcm [77]).

101. Schwemmſteine. Die gleichen Vortheile, wie die Löſchſteine, bieten die aus Bimsſand am Rhein um Neuwied in groſsen Mengen erzeugten Schwemmſteine [78]). Sie werden mit Vorliebe zur Ausfüllung von Fachwerkwänden, zu Deckengewölben, als ſchlechter Wärmeleiter zu Bier- und Eiskellern etc. verwendet. Sie erhalten gewöhnlich ein Format von 25 × 12 × 10 cm; auch werden Steine für Schornſteinrohre, ſog. Achteckſteine, daraus hergeſtellt, die beſonders am Rhein beliebt ſind. Ihre Druckfeſtigkeit beträgt 18 kg für 1 qcm, und ihr Einheitsgewicht iſt 2,22.

102. Korkſteine. Als Wärmeſchutzmaſſe, als Iſolirmaterial und zu Zwiſchenwänden werden die Korkſteine von *Grünzweig & Hartmann* in Ludwigshafen mit Vortheil angewendet. Es iſt dies der leichteſte Bauſtein mit einem Einheitsgewicht von nur 0,22; er beſteht aus Korkabfällen mit Kalkbrei als Bindemittel.

c) Mörtel aus hydrauliſchen Bindemitteln im Allgemeinen.

103. Kennzeichnende Eigenſchaften. Wenn der Luftkalkmörtel, wie oben gezeigt, nur unter Einwirkung von Kohlenſäure zu erhärten vermag und daher von auſsen nach innen verſteinert, ſo iſt der hydrauliſche Mörtel im Stande, auch bei Abweſenheit von Kohlenſäure und gleichzeitig durch und durch zu erhärten, und zwar bei genügend dichter Lagerung ſeiner Beſtandtheile unmittelbar unter Waſſer. In dieſer Beziehung beſteht ein Gegenſatz zwiſchen Luft- und Waſſermörtel. Aber die hydrauliſchen Mörtel erhärten meiſtens auch an der Luft eben ſo kräftig oder noch kräftiger, wie im Waſſer; es giebt auch unmerkliche Uebergänge 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 in Folge deſſen zu dicke Waſſerhüllen um die einzelnen Theilchen die Flächen-, bezw. Maſſenanziehung zwiſchen einander unwirkſam machen. Auch hier tritt die im *Stefan*'ſchen Geſetz ausgeſprochene Capillarwirkung in erſter Linie hervor. Alles, was dichte Lagerung befördert: allmählicher Waſſerzutritt, Knetdruck, Aneinanderlagerung bei gröſserem Eigengewicht in Folge der Schwerkraftwirkung, Zähigkeit der benetzten und oberflächlich aufgequollenen, den hydroſtatiſchen Geſetzen folgenden Theilchen, Umlagerung der durch theilweiſe Löſung zu moleculärer Anziehung und zu beginnender Kryſtalliſation gebrachten Theilchen — befördert auch den Widerſtand gegen die zertheilende Kraft des Waſſers und umgekehrt.

---

77) Siehe auch Theil III, Band 1, Heft 1 (Abth. III, Abſchn. 1, A, Kap. 5, unter d) dieſes »Handbuches«.

78) Siehe: Die Eigenſchaften und die Verwendung des Schwemmſteins. Baugwks.-Ztg. 1894, S. 121.

Zur Beurtheilung der Wirkſamkeit hydrauliſcher Bindemittel ſind deſshalb einheitliche Geſichtspunkte nöthig, und erſt wenn alle hydrauliſchen Bindemittel von einem einheitlichen Geſichtspunkt aus mit einander verglichen werden, gelingt es, ſie unbefangen zu claſſificiren und jedem einzelnen den Platz anzuweiſen, den es je nach ſeiner beſonderen Eigenſchaft und Beanſpruchung einzunehmen berechtigt iſt.

104. Prüfung der hydrauliſchen Bindemittel.

Die einheitlichen Methoden zur Beurtheilung und Prüfung hydrauliſcher Bindemittel ſind von den internationalen Conferenzen vereinbart und zur Grundlage der für jedes einzelne zu fordernden Qualitätsziffern gemacht worden. Allerdings ſind dieſe Methoden noch nicht endgiltig durchgebildet und bedürfen noch der Vervollſtändigung und Vervollkommnung; aber ſie weiſen doch einen ſehr beträchtlichen Fortſchritt für die ſachgemäſse Mörteltechnik auf und bilden die Grundlage für die der Umwandelung und Verbeſſerung anerkanntermaſsen bedürftigen ſog. Normenprüfungen. Deſshalb ſeien hier die von der letzten Wiener Conferenz 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 Conferenz-Beſchlüſſen angegeben.

A) Allgemeines.

105. 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 etc.) 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 ſog. Normenproben nicht zu erſetzen.

Canaldeckel und Röhren ſollen nach der Methode von Prof. *Bauſchinger* geprüft werden[79]).

2) Die Zug- und Druckfeſtigkeit des Cementmörtels, 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, Volumbeſtändigkeit der Mörtel, welche für die Dauerhaftigkeit der Bauten von dem gröſsten Belang ſind. Da die jetzt ſchon erreichten Feſtigkeiten des Cementmörtels nicht ausgebeutet werden können, ſo erſcheint eine weitere Steigerung derſelben vom Standpunkte der Mörteltechnik aus nicht erforderlich.

B) Prüfung.

106. Gewicht.

1) Gewicht:

α) Die Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichtes eines hydrauliſchen Bindemittels (des ſpecifiſchen Gewichtes der Körner nämlich) ſoll einheitlich mittels des ſog. Volumenometers erfolgen.

β) Zur Beſtimmung des Volumgewichtes eines hydrauliſchen Bindemittels iſt ein cylindriſches Normal-Litergefäſs von 10 cm Höhe zu benutzen. In daſſelbe wird

a) eingeſiebt und zwar maſchinell mit dem Apparate von *Tetmajer*,

b) eingerüttelt, und zwar ebenfalls maſchinell mit dem Apparat von *Tetmajer* und

c) eingeſchüttet mit der Hand unter Benutzung des Fülltrichter-Apparates und des Normal-Litergefäſses.

107. 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 Portland-Cement 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 von nur einer Quelle zu beziehen.

---

79) Siehe: BAUSCHINGER, J. Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der K. polytechniſchen Schule in München. Heft 7. München 1877.

108. Abbindeverhältniſſe.

3) Abbindeverhältniſſe:

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 Normalconſiſtenz. Zur Feſtſtellung derſelben dient der mit Normalnadel (ſ. u.) zu vereinigende Conſiſtenzmeſſer, beſtehend aus einem Schaft mit 300 g Gewicht und 1 cm Durchmeſſer und einer cylindriſchen Doſe von 4 cm Höhe und 8 cm Weite aus einem waſſerundurchläſſigen, ſchlechten Wärmeleiter (am beſten Hartgummi).

Zur Beſtimmung der Normalconſiſtenz 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, die Doſe des Conſiſtenzmeſſers. Nach erfolgtem Abſtrich der Breioberfläche wird der Schaft des Conſiſtenzmeſſers behutſam in den Brei abgelaſſen.

Die Breiconſiſtenz eines hydrauliſchen Bindemittels iſt als normal anzuſehen, wenn der Schaft des Conſiſtenzmeſſers in einer Höhe von 6 mm über der Bodenfläche der Doſe ſtecken bleibt.

c) Die Abbindungsverhältniſſe ſind zu ermitteln mittels einer 300 g ſchweren Normalnadel mit 1 qmm kreisförmiger Querſchnittsfläche und derſelben Doſe wie vorhin (Fig. 17 [80]).

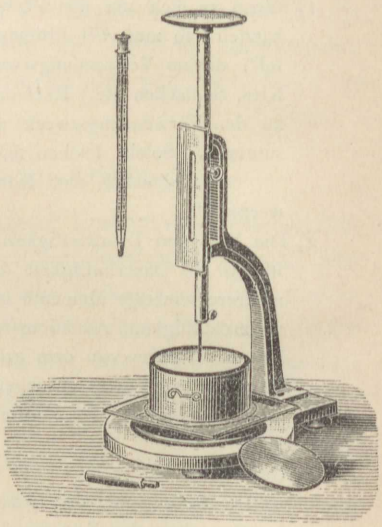
Man rühre 400 g des hydrauliſchen Bindemittels mit der unter β beſtimmten Waſſermenge zu einem Brei an, indem man bei Langſambindern 3 Minuten, bei Raſchbindern 1 Minute lang umrührt, und fülle damit die Doſe eben.

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 zu beſtimmen, kehrt man die Doſe um. Jedes hydrauliſche Bindemittel kann als abgebunden bezeichnet werden, ſobald die Erhärtung ſo weit vorgeſchritten iſt, daſs die Normalnadel am Kuchen keinen Eindruck mehr hinterläſſt. Die hierzu erforderliche Zeit heiſst Bindezeit.

Ob ein hydrauliſches Bindemittel als raſch oder langſam bindend zu bezeichnen ſei, entſcheidet der Erhärtungsanfang.

Fig. 17.



Normalnadel.

b) Als Vorprobe für die Beſtimmung der Bindezeit kann auch die Kuchenprobe gemacht werden. Dabei werden 100 g des zu prüfenden Cementes mit Waſſer zu einem Brei von Normalconſiſtenz 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 wünſchenswerth, daſs, von der Normalconſiſtenz ausgehend, Abbindungsverſuche auch mit höheren Waſſerzuſätzen 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 Gewichtstheilen Puzzolane (Traſs), 1 Gewichtstheil Kalkhydratpulver und 1 Gewichtstheil Waſſer.

[80]) Die Normalnadel wurde von *Tetmajer* in die gegenwärtige Form gebracht.

Der in die Dofe eingefüllte und glatt abgeftrichene Mörtel foll fofort unter Waffer gebracht und nach 2, 3, 4 und 5 Tagen in der Weife geprüft werden, dafs ermittelt wird, mit welcher Belaftung die obige Normalnadel den Mörtel durchdringt, wobei die angewendete Dofe jedoch nicht über 4 cm hoch fein darf.

4) Volumbeftändigkeit:

109. Volumbeftändigkeit.

α) Portland-Cement.

a) Zur Gewinnung eines rafcheren Urtheils über die Volumbeftändigkeit von Portland-Cement bei Erhärtung im Waffer oder im vor Austrocknung gefchützten Zuftande wird die einfache Darrkuchenprobe empfohlen, welche wie folgt auszuführen ift:

Der Cement wird mit Waffer zu einem Brei von Normalconfiftenz angerührt und auf einer ebenen, dünnen Glasplatte zu Kuchen von 8 bis 10 cm Durchmeffer und ca. 2 cm Dicke ausgegoffen.

Zwei diefer Kuchen, welche zur Vermeidung von Schwindriffen vor Austrocknung zu fchützen find, werden nach 24 Stunden, jedenfalls aber erft nach erfolgtem Abbinden, mit ihrer ebenen Fläche auf einer ebenen Metallplatte ruhend, einer Temperatur von 110 bis 120 Grad fo lange (mindeftens aber 1 Stunde lang) ausgefetzt, bis keine Waffer-dämpfe mehr entweichen.

Zeigen die Kuchen nach diefer Behandlung weder Krümmungen noch Kantenriffe, fo ift das betreffende Bindemittel als volumbeftändig zu betrachten; im anderen Falle ift das Refultat der jetzt allgemein gebräuchlichen Kuchenprobe auf Glasplatten abzuwarten, welche als entfcheidend gilt.

Bei Anwefenheit von mehr als 3 Procent waffer freiem fchwefelfauren Kalk (oder entfprechendem Gehalt an ungebundenem Gyps) ift die Darrprobe nicht mafsgebend.

b) Die entfcheidende Probe auf Volumbeftändigkeit ift die Kuchenprobe auf Glasplatten (Plattenprobe), welche folgendermafsen auszuführen ift:

100 g des zu prüfenden Cements werden mit Waffer zu einem Brei von Normalconfiftenz angerührt und daraus auf einer ebenen Glasplatte ein Kuchen von etwa 2 cm Dicke geformt. Zwei diefer Kuchen, welche zur Vermeidung von Schwindriffen vor Austrocknung gefchützt wurden, werden nach 24 Stunden, jedenfalls aber erft nach erfolgtem Abbinden, unter Waffer aufbewahrt, und es gilt das Bindemittel als volumbeftändig, wenn die Kuchen nach Verlauf von 28 Tagen keinerlei Krümmungen oder Kantenriffe zeigen.

c) Die Kochprobe ift als unbedingt zuverläffigfte und fchnellfte Probe zur Ermittelung der Volumbeftändigkeit für Portland-Cement, Schlackencement und Trafs anzufehen.

Die nachftehend befchriebene Ausführung der Kochprobe wurde der Subcommiffion zur Prüfung und feinerzeitigen Berichterftattung zugewiefen.

50 g des zu prüfenden Cements werden in annähernd Normalconfiftenz, d. h. mit 13 bis 15 g Waffer, eine Minute lang durchgearbeitet und zu den bekannten Glasplatten-Kuchen (1 cm in der Mitte dick, nach den Rändern dünn auslaufend) angemacht, in einem mit Waffer dampf gefättigten bedeckten Raume 24 Stunden der Erhärtung überlaffen, fodann entweder von der Glasplatte gelöst oder auch mit der Glasplatte in ein kaltes Waffer bad verbracht, welches langfam, d. h. in etwa 10 Minuten, zum Sieden gebracht wird, zweckmäfsig bei aufgelegtem Deckel zur Befchränkung der Waffer-verdampfung. Der Kuchen foll ganz im kochenden Waffer fich befinden; im Falle Waffer nachzugeben ift, foll diefes in kleinen Portionen gefchehen, fo dafs das Waffer immer alsbald wieder auf den Kochpunkt kommt.

Der ftändigen Commiffion wird ferner empfohlen, bei Prüfung der Methoden zur Ermittelung der Volumbeftändigkeit auch die Cement-Sand-Mifchungen zu berückfichtigen.

Es hatte fich bei Verfuchen, welche von *Baufchinger* angeftellt worden find, gezeigt, dafs Cemente, welche die »Normal-Kuchenproben« (fiehe oben, unter b) vollftändig beftanden hatten (und zwar nicht blofs nach 28 Tagen, fondern auch nach einem halben und einem ganzen Jahre) in Prismen von 5 qcm Querfchnitt und 12 cm Länge, hergeftellt im Mifchungsverhältnifs 1 : 3, im *Baufchinger*'fchen Apparat nach einem halben Jahre und fpäter fchon bei Befichtigen mit blofsem Auge deutliches und ftarkes Treiben zeigten.

β) Hydraulifche Kalke und Roman-Cemente.

a) Für diefelben wird die unter α, b angeführte Plattenprobe unter Waffer anempfohlen.

b) Die Würdigung der Kochprobe (ſiehe unter α, c) für dieſe hydrauliſchen Bindemittel wird der ſtändigen Commiſſion anheimgegeben.

γ) Puzzolane (Traſs).

a) Für dieſelben wird die folgende Methode empfohlen.

Eine Miſchung von 2 Gewichtstheilen Puzzolane (Traſs), 1 Gewichtstheil Kalkhydratpulver und 1 Gewichtstheil Waſſer wird in eine oben offene, nach unten ſich etwas verjüngende, ſtarkwandige Metalldoſe (verzinktes Eiſenblech) von 3 bis 4 cm Höhe und 6 bis 8 cm oberer Weite eingefüllt, glatt abgeſtrichen 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 Ermittelung der Volumbeſtändigkeit auch für Traſs anzuſehen (vergl. oben, unter α, c).

110. Feſtigkeit.

5) Feſtigkeitsproben:

α) Für alle hydrauliſchen Bindemittel mit Ausnahme der Puzzolane (Traſs).

a) Die Feſtigkeitsproben ſollen an Miſchungen von 1 Gewichtstheil des Bindemittels mit 3 Gewichtstheilen Sand gemacht werden. Es iſt jedoch wünſchenswerth, daſs auch Proben mit höherem Sandzuſchlag ausgeführt werden.

b) Der zu verwendende Sand ſoll Normalſand ſein, zu erzeugen aus möglichſt reinem Quarzſande.

Normalſand 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 erzeugt iſt.

Den anderen Ländern, auſser Preuſsen, ſoll es überlaſſen bleiben, ſich ihren Normalſand zu beſchaffen, und zwar wo möglich derart, daſs er mit jenem Normalſand von Freienwalde von gleicher Wirkung in Bezug auf die erzielten Feſtigkeitsreſultate ſein ſoll. Iſt dieſes nicht zu ermöglichen, ſo ſollen zweckmäſsige Vergleichs-Coefficienten zu ermitteln geſucht werden.

c) Die Drahtſtärken jener Sandſiebe ſollen ſein beim

60-	120-Maſchenſieb
0,38	0,32 Millim.

d) Vom Normalſande iſt das Volumgewicht mittels des Normal-Litergefäſses im eingeſiebten Zuſtande feſt zu ſtellen.

e) Die maſsgebende, werthbeſtimmende Feſtigkeitsprobe iſt die Druckprobe; ſie wird an Würfeln mit 50 qcm Querſchnittsfläche vorgenommen.

f) Die gewöhnliche Qualitätsprobe (Controleprobe für die abzuliefernde Waare) iſt die Zugprobe, vorgenommen mittels des deutſchen Normalapparates an Probekörpern von der deutſchen Normalform mit 5 qcm Bruchquerſchnitt.

g) Die Beſtimmung der Normal-Mörtelconſiſtenz und die Aufſuchung einer zweckmäſsigen maſchinellen Herſtellung der Probekörper, insbeſondere der Bedingungen, durch welche gleiche Dichte der Zug- und Druckkörper erzielt wird, bleibt der ſtändigen Commiſſion 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 Altersclaſſe je 6 Probekörper nöthig. Das arithmetiſche Mittel aus den 4 höchſten der gewonnenen Zahlen iſt als maſsgebend anzuſehen.

i) Sämmtliche Probekörper müſſen die erſten 24 Stunden in einem mit Waſſerdampf geſättigten Raume in der Luft, die übrige Zeit bis unmittelbar zur 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 ſämmtliche Bindemittel die 28-Tagesprobe angeſehen.

Zur Beurtheilung der Qualität in kürzerer Zeit kann für Portland-Cement auch die Feſtigkeit des Miſchungsverhältniſſes 1 : 3 nach 7 Tagen ermittelt werden.

Bezüglich der Beurtheilung der Qualität in noch kürzerer Zeit, in 3 Tagen, beſchloſs die Conferenz in Wien:

Die Proben mit reinem Cement (Portland- und Schlackencement) bieten allein keine hinreichende Grundlage für die richtige Beurtheilung dieſer Producte.

Die mit Normalſand im Gewichtsmiſchungsverhältniſſe von 1 : 3 hergeſtellten Probekörper bieten zwar keine hinreichend ſichere Grundlage für die Beurtheilung des vollen Werthes bei Portland- und Schlackencementen, laſſen aber immerhin einen beiläufigen Schluſs auf die Güte des Materials ziehen, und es wird deſshalb die Einführung der 3-Tage-Sandprobe empfohlen.

Hierbei empfiehlt die Conferenz, 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 Normalſand hat natürlich vorkommender reiner Quarzſand zu ſein.

Zur Prüfung der Druckfeſtigkeit ſind Präciſionsmaſchinen zu verwenden.

6) Adhäſions-Feſtigkeit: Die Ermittelung genügender Prüfungsmethoden, bei denen wo möglich der deutſche Normal-Zugfeſtigkeitsapparat verwendet werden ſoll, bleibt der ſtändigen Commiſſion überlaſſen. 111. Adhäſionsfeſtigkeit.

7) Ausgiebigkeit verſchiedener hydrauliſcher Bindemittel bei der Mörtelbereitung: 112. Ausgiebigkeit.

Die Ausgiebigkeit des Mörtels wird entweder mittels des bekannten Mörtel-Volumenometers ermittelt oder rechnungsmäſsig nach *Stahl*'s Methode. In Bezug auf letztere muſs auf das XIV. Heft der »Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der techniſchen Hochſchule zu München« (München 1886), S. 252—270 verwieſen werden.

8) Einwirkung von Meerwaſſer auf hydrauliſche Bindemittel; in Folge eines Vortrages, den Herr Profeſſor *Debray* auf der Berliner Conferenz hielt, wurde der ſtändigen Commiſſion die Aufgabe geſtellt: Ermittelungen über die Einwirkung des Meerwaſſers auf hydrauliſche Bindemittel anzuſtellen. 113. Einwirkung des Meerwaſſers.

Bei der Berichterſtattung hierüber auf der Wiener Conferenz zeigte ſich eine Meinungsverſchiedenheit ſchon betreff der Form der Probeſtücke und der Art der Durchführung der Proben. Deſshalb wurde die Frage an die Subcommiſſion zurückgewieſen und derſelben anheimgeſtellt, die Methoden zur Prüfung ſich ſelbſt zu wählen. Bei den Verſuchen ſollen auch hochmagere Feinſand-Miſchungen berückſichtigt werden.

d) Mörtel aus hydrauliſchem Kalk.

Je nachdem hydrauliſcher Kalk 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 gelöſcht und entweder noch während des Löſchvorganges zu fertigem Mörtel gemiſcht und verwendet werden: er wird activ verwendet und bindet dabei unter Erwärmen raſch und von innen nach auſsen ab; oder er wird als gelöſchtes Pulver nach dem Löſchvorgang verwendet und erhärtet ohne Wärmeentwickelung und ohne ſcharfe Grenze des Erhärtungsbeginnes: er wird paſſiv verwendet. 114. Active und paſſive Verwendung.

Im erſten Falle werden die Stücke auf einem ebenen Bretterboden in runde, flache, ca. 50 cm hohe Haufen geſchichtet und um dieſe gemeſſenen Haufen der zur Mörtelbereitung nöthige Sand in abgemeſſenem Verhältniſs 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 kryſtalliniſches Kalkhydrat in der hydrauliſchen Form, und es iſt im Grunde genommen activer Mörtel daſſelbe, wie *Loriot*'ſcher Mörtel.

115. *Loriot*'scher Mörtel.

Der *Loriot*'sche Mörtel wird heute wohl nur ausnahmsweise in der Praxis verwendet. Er wird dadurch hergestellt, dafs 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 Aetzkalk beträgt, bei einem Mischungsverhältnifs von 1 Theil Kalkbrei zu 3 Theilen Sand etwa $^1/_2$ Theil Aetzkalkpulver.

Der beigemischte Aetzkalk entzieht dem Kalkteig sein Quellungswasser und bewirkt dadurch energische Flächenanziehung unter beschränktem Entgegenquellen des sich hydratisirenden Kalkzusatzes und unter Bildung hydraulischen Kalkhydrats. Diese ohne irgend welche chemischen sog. Hydraulefactoren eintretende hydraulische Verkittung ist so energisch, dafs *Loriot*'scher Mörtel aus 1 Gewichtstheil Aetzkalk und 8 Gewichtstheilen Sand schon nach einer Stunde Erhärtung 3 kg Zugfestigkeit für 1 qcm aufweist. Dadurch erklärt sich auch die so auffallende Wirkung der sog. verlängerten Cementmörtel, bei denen ebenfalls einem Luftmörtel nicht hydratisirte Zuschläge zugesetzt werden. Auch die Wirkung der hydraulischen Zuschläge wird durch Verwendung von Aetzkalk sehr befördert. Hiervon soll in Art. 146 u. 148 weiter die Rede sein.

116. Wirkungsweise des hydraulischen Mörtels.

Der lebendige, d. h. ungelöschte Kalk spielt überhaupt schon bei den Recepten des *Palladius* für Kitte eine wichtige Rolle, und zwar stets in Verbindung mit einer colloidal quellfähigen oder einer echten Colloidsubstanz, die allmählich bis zur Verflüssigung aufquellen kann, bei Entziehung des Quellungswassers sich aber als feste Hülle niederschlägt. Ochsenblut, Eiweifs, Milch etc. gehören hierher und eben so die durch das Brennen aufgeschlossene Kieselsäure und Thonerde. Damit ist auch die Erklärung der Wirkungsweise der hydraulischen Kalke gegeben.

Wird der hydraulische Kalk nicht activ, sondern nach Beendigung des Löschvorganges passiv verwendet, so tritt die bis zur Flächenanziehung und damit zum Abbinden gehende Aneinanderquellung der Hydraulefactoren nur allmählich ein, und bis zu diesem Augenblick kann der Mörtel durch bewegtes Wasser zerschlämmt und seine Wirksamkeit aufgehoben werden. Man läfst daher solchen Kalk stets vorher abbinden, bevor er dem Wasser ausgesetzt wird.

117. Löschverfahren.

Das Löschverfahren ist hierbei entweder das des Eintauchens oder des Bespritzens. Beim Eintauchen werden mit Stückkalk gefüllte, grobmaschige Drahtkörbe von ca. 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, Strohdecken oder einer Sandschicht bedeckt werden.

Das Löschverfahren mittels Bespritzens wird derart ausgeführt, dafs der Kalk in etwa 3,50 m lange, 1,60 m breite und 0,25 m hohe Kalkbänke gebracht, dort in kleinere Stücke zerschlagen und 10 bis 15 cm hoch aufgeschüttet wird. Hierauf wird der Kalk mittels Giefskanne bebraust, eine Stunde sich selbst überlassen und abermals begossen. Nach weiterem Stehen, 1 bis 1 $^1/_2$ Stunden 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 gesiebt. 1 cbm westfälischer hydraulischer Kalk in Stücken von Faustgröfse von 900 kg Gewicht braucht hierbei 34 Procent Wasser und giebt 2 cbm Staubkalk von 630 kg für 1 cbm Gewicht.

Dieses Verfahren ist besonders in Norddeutschland verbreitet. In der Schweiz

und in Frankreich macht man dünne Lagen von nur 5 bis 6 cm Höhe, bebraust sie nur einmal und schichtet darüber so lange Schicht für Schicht, bis eine Höhe bis oft über 2 m erreicht ist.

118. Staubkalk.

Da am Bauplatze das Löschen sehr umständlich, das Sieben mit lästiger Staubentwickelung verbunden ist und da stets ein mehr oder weniger grofser Bruchtheil nicht zu Staub gelöschten Kalkes übrig bleibt, und da aufserdem sich nur solche hydraulische Kalke gut löschen, die weniger hydraulische Eigenschaften haben, so ist mit Recht in den Ländern, wo die Verwendung von hydraulischem Kalk vorherrscht und die Verwendung von Luftkalk in den Hintergrund gedrängt hat, wie in der Schweiz und Frankreich, die Verwendung 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 gröfstentheils zu Mehl löschen, oder den Antheil von nicht ganz zu Mehl löschendem Mergel darstellt, der durch Absieben gewonnen wird. Im Gegensatze hierzu steht der schwere hydraulische Kalk (*Chaux hydraulique lourde*), der sich nur unvollkommen löscht und meist die schärfer gebrannten und mehr Hydraulefactoren enthaltenden Mergelsorten in sich begreift, für sich gemahlen wird und ein sehr werthvolles hydraulisches Bindemittel darstellt, das vielfach dem Portland-Cement nahe steht. Zwischen beiden in der Mitte steht der gemischte hydraulische Kalk (*Chaux hydraulique mixte*), der aus den theilweise löschenden Kalkmergeln gewonnen wird und die löschenden und nicht löschenden Antheile 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 erdig-körniges, gelblich-graues Pulver dar, das sich beim Anmachen mit Wasser nicht erwärmt. Er bindet stets langsam, 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 Procent.

119. Verwendung.

Hydraulischer Kalk wird sowohl zu Hochbauten, wie zu Tiefbauten verwendet und giebt auch einen Beton, der sehr billig in der Herstellung ist, allerdings langsam erhärtet, schliefslich aber eine Festigkeit annimmt, die für Gründungen in den gewöhnlichen Fällen vollständig ausreicht. Durch seine Eigenschaft, rasch trocknendes Mauerwerk bei bedeutend gröfserer Solidität, als solche in Luftkalk zu erzielen ist, unter Verminderung der Mauerstärken ohne Mehrkosten herstellen zu können, und durch die Bequemlichkeit, damit sehr frostbeständigen Putzmörtel verwenden zu können, ist seine Anwendung in den genannten Ländern so allgemein, dafs man die Vortheile derselben auch in Deutschland mehr würdigen sollte, als bisher geschieht[81]). In Deutschland wird statt hydraulischen Kalkes meistens verlängerter Cementmörtel verwendet.

120. Ausgiebigkeit.

Die Ausgiebigkeit des hydraulischen Kalkes hängt selbstverständlich mit der Menge Sand zusammen, die hierzu verwendet wird. Auch bei diesem bedingt der Verwendungszweck das Verhältnifs. So braucht man bei Verwendung des renommirten schweren hydraulischen Kalkes von *A. Fleiner* in Aarau zu 1 cbm Mörtel

81) Siehe auch: Kuntze, R. Die hydraulischen Bindemittel Norddeutschlands. Centralbl. d. Bauverw. 1891, Nr. 51.

bei	1	Raumtheil	Kalk	zu	2	Raumtheilen	Sand	460 kg	hydraulifchen	Kalk
»	1	»	»	»	3	»	»	340 »	»	»
»	1	»	»	»	4	»	»	275 »	»	»
»	1	»	»	»	5	»	»	210 »	»	»

121. Feftigkeit.

Bezüglich der Erhärtungsvorgänge fei betont, dafs der Widerftand gegen Waffer durch vorherige begonnene Lufterhärtung unter Aufnahme von Kohlenfäure begünftigt wird, dafs aber das Fortfchreiten der Erhärtung auch unter Abfchlufs der Kohlenfäure dadurch ftattfindet, dafs colloidale Kiefelfäure und Thonerde den am Quellen theilweife verhinderten Kalk durch Flächenattraction als mineralifcher Leim verkitten und durch allmähliche Bildung kryftallinifcher Verbindungen daraus die Erhärtung fortfchreitet. Dadurch find auch die verhältnifsmäfsig hohen Feftigkeiten zu erklären, die hydraulifcher Kalk erlangt.

Die fchweizerifchen Normen für hydraulifche Bindemittel fchreiben in diefer Richtung vor:

Hydraulifcher Kalk, der eine Siebfeinheit befitzen foll, dafs der Siebrückftand auf dem 900-Mafchenfiebe nicht mehr als 20 Procent beträgt, wird aus 1 Gewichtstheil Kalk mit 3 Gewichtstheilen Normalfand und 12 Procent Waffer von der Gefammtmifchung normengemäfs zu Zug- und Druckproben verarbeitet. Die Proben werden nach dreitägiger Lufterhärtung unter Waffer gebracht. Die Zug- und Druckfeftigkeiten follen nach einer Erhärtungszeit von zufammen 28 Tagen bei einem guten hydraulifchen Kalk mindeftens betragen:

	Zugfeftigkeit	Druckfeftigkeit
für leichten hydraulifchen Kalk	6,0 kg für 1 qcm,	30,0 kg für 1 qcm,
für fchweren hydraulifchen Kalk	8,0 » » » ,	50,0 » » »

Es werden aber insbefondere im franzöfifchen und fchweizer Jura hydraulifche Kalke fabricirt, deren Zug- und Druckfeftigkeit die Normenfeftigkeiten von Portland-Cement erreichen, nämlich bis 18 kg Zugfeftigkeit und über 150 kg Druckfeftigkeit. Im Allgemeinen jedoch ift die Druckfeftigkeit nach 28 Tagen etwa halb fo grofs, wie bei Portland-Cement, fteigt indefs mit längerer Erhärtung bedeutend und beträgt nach 2 1/0 Tagen etwa fo viel, wie die 28-Tage-Feftigkeit von Portland-Cement. Dadurch erhellt fchon der grofse Vortheil der Verwendung von hydraulifchem Kalk in Pulverform gegenüber dem norddeutfchen Waffer-kalk in Stücken. Bei den Verfuchen in der kgl. Prüfungsftation in Berlin zeigte fich für Waffer-kalk von Lengerich, dafs derfelbe bei einer Mifchung von 1 Raumtheil hydraulifchem Kalk zu 1 1/2 Raumtheilen Normalfand nach 28 Tagen für Waffer-proben nur 3,11 kg Zug- und 13,98 kg Druckfeftigkeit, für Luftproben 3,58 kg Zug- und 16,02 kg Druckfeftigkeit ergab.

Der norddeutfche hydraulifche Stückkalk ftellt alfo ein wenig felbftändiges Bindemittel dar und entfpricht in feinen Feftigkeitsverhältniffen mehr dem Luftkalkmörtel; dagegen wird er in Verbindung mit hydraulifchen Zufchlägen, wie Trafs und granulirte Hochofenfchlacke, zu einem werthvollen Bindemittel, wovon in Art. 148 u. 150 die Rede fein wird.

Wird hydraulifcher Kalk ftatt Luftkalk zur Herftellung von Kunftfteinen ähnlicher Art, wie im vorigen Artikel aufgeführt, verwendet, fo wird die Qualität derfelben wefentlich verbeffert.

e) Mörtel aus Roman-Cement.

122. Eigenfchaften.

Roman-Cement ift aus Mergeln von beftimmter Zufammenfetzung unter der Sinterungstemperatur erbrannt, befitzt erdige Structur und vorwiegend gelblich-graubraune Farbe. In Waffer löfcht er fich nicht und wird nur ohne vorherigen Waffer-zufatz als Pulver in Handel gebracht. Er ift dasjenige hydraulifche 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 Roman-Cement 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.

Roman-Cement 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 geſintertem natürlichen Portland-Cement. Mit dem Beginne des Abbindens oder dem Erhärtungsbeginn beginnt die Temperaturerhöhung, und mit dem Aufhören der Temperaturerhöhung iſt auch das Abbinden vollendet.

Nicht ſelten zeigen Roman-Cemente die Eigenthümlichkeit des Nachlaſſens (*Relâchement*). Dieſes tritt meiſt bei unrichtig gebranntem oder nicht homogenem Material in der Form ein, daſs die Cohäſion nach anfänglich hoher Stufe einige Zeit — Minuten, Stunden, ja Tage — darauf abnimmt; auch die Zugfeſtigkeit geht merklich zurück, um nach einiger Zeit wieder aufzuſteigen und dann regelrecht nachzuhärten. Dieſe Eigenthümlichkeit macht ſich praktiſch unliebſam bemerkbar bei Guſsarbeiten aus Roman-Cement, beſonders bei Röhren. Normaler Roman-Cement muſs eine ſtets aufſteigende Erhärtung zeigen.

Eine weitere Eigenthümlichkeit von Roman-Cement muſs bei der praktiſchen Verwendung unbedingt berückſichtigt werden, wenn die Vortheile 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 energiſche Anfangserhärtung hängt eben ſo mit der Verwendung im activen Zuſtand zuſammen, wie beim *Loriot*'ſchen Mörtel. Da Roman-Cement aus einem erdig lockeren, an Kieſelſäure und Thonerde in amorphem Zuſtande reicheren Pulver beſteht, ſo nimmt dieſes ſchwammartig weit mehr Waſſer auf, als zur Bildung eines Teiges wirklich nöthig iſt, ohne ſich ſtark zu verflüſſigen und das Waſſer beim Abbinden abzuſtoſsen. Nach dem Abbinden verdunſtet entweder bei Lufterhärtung ein groſser Theil des zugeſetzten Waſſers oder bleibt als Porenwaſſer zurück, in beiden Fällen ohne zur Feſtigkeit irgend etwas beizutragen, wohl aber um die Feſtigkeitsziffer im Einheitsquerſchnitt ſehr herabzudrücken. Thatſächlich läſſt ſich Roman-Cement ſowohl mit 35 Procent Waſſer, als noch mit 70 Procent 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 Roman-Cement. Und die ſo häufige Nichtbefolgung der Vorſchrift, den Roman-Cementmörtel activ zu vermauern, verſchlechtert unfehlbar die Ergebniſſe, weil ſie zur weiteren Waſſerzufuhr zwingt, um den geſtehenden Mörtel nochmals plaſtiſch zu machen; häufig aber wird überhaupt dann der Verwendungszweck nicht mehr erfüllt; denn abgebundener Roman-Cement verhält ſich nun genau wie hydrauliſcher Kalk und bindet nun nur langſam ab, ohne

weſentliche Erhärtung aufzuweiſen, wenigſtens in der erſten Zeit. Später erhärtet er ſtark nach, eben ſo wie hydrauliſcher Kalk, beſitzt aber in hohem Grade den Fehler der Schwindriſſigkeit.

123. Mörtelbereitung. Die Nothwendigkeit, Roman-Cementmörtel activ zu vermauern, bedingt auch die Art der Mörtelbereitung. Trockener Sand und Roman-Cement werden vorerſt innigſt durch Durchſchaufeln gemiſcht, und zwar ſtets in geringen Mengen; aus der Miſchung wird ein runder Haufen auf undurchläſſiger Unterlage gebildet, ſeine Mitte ſo ausgehöhlt, daſs die nöthige 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 Roman-Cement hauptſächlich zur Herſtellung waſſerdichten Mörtels Anwendung finden ſoll, wird die Miſchung ſtets ſatt genommen, d. h. ſtets mindeſtens ſo viel Cement, als in Breiform die Zwiſchenräume des Sandes auszufüllen vermag, in der Regel 40 bis 45 Procent Roman-Cement auf 55 bis 60 Procent Sand (nach Raumtheilen). Zur Verarbeitung von 50 kg Roman-Cement in 5 Minuten ſind 3 Mann Bedienung nöthig.

Bei Verarbeitung zu Façadenputz, zu Geſimsarbeiten etc. macht ſich der Arbeiter am beſten ſelbſt im Mörtelkaſten nur ſo große Mengen an, als er in höchſtens 5 bis 10 Minuten verarbeiten kann.

Sandzuſatz und niedrige Temperatur verlängern dabei die Abbindezeit um ein paar Minuten; dagegen befördern erhöhte Temperatur und abſaugende Unterlage ſehr das Abbinden. Es iſt daher ſtreng geboten, poröſe Mauern aus Backſteinen vorher gut anzunetzen, da ſonſt das Abſaugen durch die poröſen Steine ein plötzliches Zuſammenziehen des Mörtels an der Berührungsfläche bewirkt, dadurch Erſtarren und Verhinderung der Benetzung und damit der ſcheinbaren und damit der wirklichen Adhäſion hervorruft. Hohle Stellen im Putz und Abfallen von ganzen Schalen, ſo wie hinterher eintretendes Eindringen von Porenwaſſer und die Gefahr des Abſprengens durch ſpätere Froſtwirkung ſind die Folgen der Vernachläſſigung genügender Benetzung.

Da wohl meiſtens der Roman-Cementputz entweder mit zu viel Waſſerzuſatz oder erſt nach dem Erhärtungsbeginn verwendet wird und in Folge deſſen zwiſchen der Mauerfläche und der Putzoberfläche beim Trocknen und dem Fortſchreiten der Erhärtung Spannungen eintreten, die zur Bildung von Haarriſſen und netzartiger Zerklüftung der Oberfläche führen, iſt mit Sorgfalt in den erſten Tagen Zutritt unmittelbarer Beſonnung und trocknenden Luftzuges ſo gut als möglich fern zu halten. Dies geſchieht durch häufiges Beſpritzen der Flächen, am beſten aber durch Vorhängen naſs erhaltener Matten vor die fertige Fläche und bei Geſimſen durch Abdecken mit feuchtem Lehm. Bei Roman-Cement iſt auch nicht ſelten das Gegentheil von Schwinden, das Treiben, zu beobachten, und er iſt daher vor der Verwendung auf ſeine Volumbeſtändigkeit zu prüfen.

124. Ausgiebigkeit. Die Ausgiebigkeit von Roman-Cementmörtel hängt bei reinem Cementmörtel ohne Sand, wenn man vom loſe gemeſſenen Volum ausgeht, vom Schwinden des Pulvers bis zur praktiſch dichteſten Lagerung und gleichzeitig von der hierbei verwendeten Waſſermenge ab, bei Sandmiſchungen jedoch, wenn es ſich nicht um magere Miſchungen handelt, nur vom Volum des loſen Sandes ab, da bei ſatten Miſchungen ſämmtliche Zwiſchenräume des loſen Sandes durch Bindemittel ausgefüllt ſind.

Bei verſchiedenem Waſſerzuſatz und verſchiedenen Sanden kommt alſo das verſchiedene Volumgewicht von Roman-Cement nicht zur Geltung, wie aus nachfolgender Tabelle erhellt.

1 hl Roman-Cement ergab:

Verſuch	Gewicht von 1 hl loſem Cement	Ausbeute an Mörtel bei Zuſatz von Waſſer				Ausbeute an Mörtel bei Zuſatz von Sand zu Cement 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
	Kilogr.	Hektoliter				Hektoliter		

125. Feſtigkeit.

Die Roman-Cemente ſtehen bezüglich ihrer Feſtigkeitsverhältniſſe in der Mitte zwiſchen hydrauliſchem Kalk und Portland-Cement. In Oeſterreich und in der Schweiz beſtehen hierfür einheitliche Beſtimmungen für Lieferung und Prüfung, die gröſstentheils mit einander übereinſtimmen, nur in Bezug auf die Höhe der Anforderungen und den Begriff der Bindezeit von einander abweichen.

Roman-Cement unterſcheidet ſich kennzeichnend vom hydrauliſchen Kalk durch den Mangel oder doch nur durch einen Mindeſtgehalt von Hydratwaſſer, der 5 Procent nie überſteigen ſoll; ferner durch den markirten Augenblick des Erhärtungsbeginnes. Von Portland-Cement unterſcheidet ihn auſser der erdig-körnigen Structur noch das geringere Einheitsgewicht, das faſt ſtets unter 3,0 liegt.

Normaler Roman-Cement ſoll ſo fein gemahlen ſein, daſs er auf dem 900-Maſchenſiebe höchſtens 20 Procent Rückſtand hinterläſſt. Raſch bindender Roman-Cement wird zu ſämmtlichen Probekörpern vom Augenblicke der Waſſerzugabe an durch 1 Minute hindurch bearbeitet; halb langſam bindender ſoll 3 Minuten durchgearbeitet werden. Die Probekörper auf Zug und Druck ſollen Stück für Stück, nicht mehrere auf einmal, gemiſcht und verarbeitet werden. Die Schweiz ſchreibt als Waſſerzuſatz bei Zugproben mit 3 Theilen Normalſand 13 Procent vom Trockengewicht der Miſchung und 12 Procent bei Druckproben für raſch bindenden Roman-Cement vor, Oeſterreich bei Zug- und Druckproben 12 Procent für raſch und langſam bindenden; die Schweiz fordert für langſam bindenden Roman-Cement bei Zugproben 11 Procent und bei Druckproben 9 Procent Waſſer.

Die Schweiz beſtimmt als ausſchlaggebende Probe die Druckfeſtigkeit einer Miſchung von 1 Gewichtstheil Cement zu 3 Gewichtstheilen Normalſand nach 28 Tagen Waſſererhärtung und fordert hierfür mindeſtens 80 kg für 1 qcm. Die gewöhnliche Qualitätsprobe iſt die Zerreiſsprobe 1 : 3 nach 28 Tagen. Die Schweiz fordert hierbei für Raſch- und Langſambinder 10 kg Zugfeſtigkeit für 1 qcm, Oeſterreich für Raſchbinder 4 kg, für Langſambinder 6 kg für 1 qcm.

Zu Controleprüfungen wird übereinſtimmend noch die 7-Tageprobe empfohlen. Oeſterreich verlangt hierbei an Zugfeſtigkeit 1,5 kg für Raſchbinder und 3 kg für Langſambinder. In der Schweiz ſind hierüber keine Vorſchriften gegeben; die Verſuche der eidg. Feſtigkeitsanſtalt 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 Cement ohne Sand, wie er häufig zu Gufsornamenten verwendet wird, giebt für Schweizer Roman-Cemente nach 7 Tagen im Durchſchnitt 15,5 kg

(Mindeſtwerth 10,5, Gröſstwerth 20,1) Zugfeſtigkeit, nach 28 Tagen 18,8 kg (Mindeſtwerth 8,9, Gröſstwerth 23,4) Zugfeſtigkeit, ferner an Druckfeſtigkeit nach 7 Tagen 96,7 kg (Mindeſtwerth 80,6, Gröſstwerth 128,5), nach 28 Tagen 147,1 kg (Mindeſtwerth 125,6, Gröſstwerth 166,2) für 1 qcm.

126. Gufsarbeiten.

Gufsarbeiten aus Roman-Cement werden mit Vortheil aus raſch bindendem Roman-Cement hergeſtellt, und zwar insbeſondere zu Gufsornamenten für Façaden in Leimformen, die hierbei ſehr günſtig ausgenutzt werden können und ſehr billige Herſtellung geſtatten. Dabei iſt aber das oben Geſagte über möglichſt beſchränkten Waſſerzuſatz und raſches Verarbeiten nicht aufser Acht zu laſſen. Als Schutzmittel gegen Kantenbruch, zur Verminderung der Poroſität und als beſtes Mittel gegen das »Nachlaſſen« hat ſich hierbei die Anwendung der *Keſsler*'ſchen Fluate bewährt.

127. Röhren.

In der Schweiz, in Frankreich und in Italien wird viel Roman-Cement zur Herſtellung von Waſſerleitungsröhren verwendet. Dabei darf im Hinblick auf die nicht zu vermeidenden Erſchütterungen eine Mindeſtwandſtärke von 5 cm nicht unterſchritten werden; die Modelle ſollen ſtets ſtehend angewendet werden, um möglichſt ſteifen Brei verwenden zu können. Das Miſchungsverhältniſs von Cement, Sand und Kies iſt hierbei nicht höher, als 1 Raumtheil Cement, 2 Raumtheile Sand und 3 bis 4 Raumtheile Kies von 2 bis 3 cm Korngröſse. Die gebräuchlichſten Lichtweiten ſind hierbei

6, 9, 12, 15, 18, 24, 30, 45, 60 Centim.

128. Kunſtſteine.

Kunſtſteine werden meiſt in Holzmodellen unter verringertem Waſſer- und vermehrtem Sandzuſatz geſtampft und erhalten mit Vortheil zur Regelung der Bindezeit und zur Erhöhung der Feſtigkeit einen Zuſatz von 20 bis 25 Procent Portland-Cement von der angewandten Gewichtsmenge Roman-Cement.

f) Mörtel aus Portland-Cement.

129. Kennzeichnende Eigenſchaften.

Portland-Cement giebt unter allen hydrauliſchen Bindemitteln wegen der geſinterten, halb glaſigen Beſchaffenheit und flachſplittrigen Structur ſeiner Theilchen, die unter engſter Lagerung bei Waſſerzuſatz das geringſte Aufquellen und damit die günſtigſten Bedingungen für Erhärtung geben, das kräftigſte Verkittungsmaterial 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 Conſtructionen unter Waſſer, als auch an der Luft handelt, iſt Mörtel aus Portland-Cement zu verwenden.

Bei Waſſerbauten iſt, wo immer möglich, dafür zu ſorgen, daſs der Portland-Cement 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 die blättrige Structur des dichten Pulvers durch die Feinheit des ſpecifiſch ſchwerſten Bindemittels im Waſſer das Aufſchlämmen und Schwimmen befördert und, da das Aufquellen nur oberflächlich langſam erfolgt, das Eintreten der Flächenanziehung verhindert, bezw. verzögert wird. In ruhigem Waſſer dagegen bewirken gerade das hohe Eigengewicht und die blättrige Structur dichtere Aneinanderlagerung und damit Eintreten des Erhärtungsbeginnes. Damit hängt auch eine werthvolle Eigenſchaft des Portland-Cementmörtels 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 geringerem Grade, als bei anderen Bindemitteln.

Das Einheitsgewicht des ſcharf geſinterten Portland-Cements beträgt in der Regel mehr als 3,1; ſein Glühverluſt iſt meiſt geringer als 2 Procent. Steigt der Glühverluſt bis 5 Procent, ſo iſt der Cement 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 Structur und bloſs oberflächlichen Quellung bei der Waſſeraufnahme hängt auch die weit geringere Menge Anmachewaſſer zuſammen, welche der Portland-Cement bedarf und die er verträgt, um einen Mörtel von normaler Conſiſtenz zu geben.

130. Waſſerbedarf.

Dadurch iſt die Natur des Portland-Cements und ſein Vorrang vor den übrigen hydrauliſchen Bindemitteln deutlich gekennzeichnet. Wenn auch Portland-Cemente unter ſich, je nach Schärfe des Brandes, Beſchaffenheit der Detailſtructur der Klinker, vorherigem Waſſergehalt, Ablagerungszeit und Temperaturunterſchieden unter einander abweichende Waſſermengen zur Erzielung der Normalconſiſtenz erfordern, ſo iſt der Waſſerbedarf doch immer weſentlich geringer und beträgt nach *Tetmajer*:

bei Portland-Cement	zwiſchen	22	und	28	Procent
» Roman-Cement	»	32	»	48	»
» hydrauliſchem Kalk	»	30	»	50	»

Zur Erzielung der Normalconſiſtenz für die Normenprüfungen braucht man beim normengemäſsen Miſchungsverhältniſs 1 : 3 (in Gewichtsprocenten der gemiſchten Trockenſubſtanz) an Waſſer:

	für Zug	für Druck
bei Portland-Cement	8 bis 10 Procent,	8 bis 9 Procent
» Roman-Cement	ca. 13 »	12 »
» hydrauliſchem Kalk	12 »	10 »

131. Abbinden und Erhärten.

Portland-Cement iſt in der Regel langſam bindend. Nach dem Vorgange der ſchweizer Normen wird Langſambinder ein Cement 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 Cement langſam bindend, 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.

Auch für Portland-Cement gilt das vom Roman-Cement Geſagte, daſs derſelbe vor Eintritt des Erhärtungsbeginnes verarbeitet ſein muſs. Deſshalb und weil auf den Erhärtungsbeginn noch andere Factoren beſtimmend einwirken, als die Beſchaffenheit des Cements ſelbſt, iſt für die Technik der Erhärtungsbeginn das Wichtigſte. Die Temperatur der Luft und des Waſſers iſt von weſentlichem Einfluſs auf den Erhärtungsbeginn, eben ſo die Waſſermenge, in ſo fern als ſteifer Cement raſcher abbindet, als flüſſiger. Ferner beeinfluſſen viele Stoffe, die dem Cement oder Anmachewaſſer zugeſetzt werden, den Erhärtungsbeginn in erheblicher Weiſe. Die Alkalien (Kali, Natron, kohlenſaures Natron) machen den Cement raſch bindend; Gyps und andere ſchwefelſaure Salze, ſo wie 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.

Portland-Cement erhärtet vom Augenblicke des Abbindens an am raschesten unter sämmtlichen hydraulischen Bindemitteln, manche rasch bindende Roman-Cemente ausgenommen, und zwar sowohl unter Wasser, als auch an der Luft. Dabei ist jedenfalls die colloidale Wirkung der oberflächlich quellenden, bis zu beginnender Legirung der Bestandtheile gesinterten und aufgeschlossenen Kieselsäure und Thonerde das wirksamste Moment, während die chemische Bindung von Wasser auch nach längerer Erhärtung eine beschränkte ist und daher wieder gepulverter erhärteter Cement von neuem, wenn auch nicht mehr so energisch, erhärtet. An der Luft wirkt auch die Kohlensäure wesentlich erhärtend durch Umwandelung des gebildeten Kalkhydrats in kohlensauren Kalk. Auf die chemischen Ansichten über die Erhärtung von Portland-Cement einzugehen sei hier verzichtet, weil es deren fast so viele giebt, als Autoren sich darüber geäusert haben.

132. Qualitäts-Masstab. 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 Portland-Cement bedecken, als die Körper, die er umhüllend verbinden soll, namentlich poröse Ziegel oder Sandstein, mit wassergefüllten Poren damit in Berührung kommen und dass Cementarbeiten in der ersten Zeit der Erhärtung vor raschem Austrocknen zu schützen sind, wie schon beim Roman-Cement hervorgehoben wurde. Die Energie der Erhärtung ist schon in den ersten Tagen sehr gross und deshalb die Festigkeit bei manchen besonders fein gemahlenen scharf gebrannten Portland-Cementen schon nach 3 Tagen so gross, wie bei anderen nach 30 Tagen; aber umgekehrt kann auffallend grosse Anfangsenergie auch im Laufe der Weitererhärtung gegenüber nachhaltig forterhärtenden Cementen zurückbleiben, ja sogar sich wieder abmindern. Deshalb hat man sich geeinigt, nicht die Festigkeit nach kürzester Zeit als Qualitätsmassstab anzunehmen, sondern die nach 28-tägiger Erhärtungsfrist, wenn auch der Controle bei laufenden Lieferungen halber, die Proben nach 7 Tagen und neuestens nach 3 Tagen auf Festigkeit geprüft werden.

Dem »Verein deutscher Portland-Cement-Fabrikanten« ist es zu danken, dass heute in Deutschland, unter der Controle der gesetzlichen Normen, nur tadelloser Cement von früher nicht erreichter Güte vorhanden ist.

133. Deutsche Normen. Die deutschen 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 Conferenz-Beschlüsse wesentlich reformirt zu werden. Es seien daher hier nur kurz die Anforderungen der jetzigen deutschen Normen angeführt, in so weit sie sich auf die Festigkeit beziehen.

Allgemeines.

Die Bindekraft von Portland-Cement soll durch Prüfung einer Mischung von Cement 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 Cements fest zu stellen.

Die Zerreisungsproben sind an Probekörpern von 5 qcm Querschnitt der Bruchfläche, die Druckproben an Würfeln von 50 qcm Fläche vorzunehmen.

Begründung.

Da man erfahrungsgemäfs aus den mit Cement ohne Sandzufatz gewonnenen Feftigkeitsergebniffen nicht einheitlich auf die Bindefähigkeit zu Sand fchliefsen kann, namentlich wenn es fich um Vergleichung von Portland-Cementen aus verfchiedenen Fabriken handelt, fo ift es geboten, die Prüfung von Portland-Cement auf Bindekraft mittels Sandzufatz vorzunehmen.

Die Prüfung des Cements ohne Sandzufatz empfiehlt fich namentlich dann, wenn es fich um den Vergleich von Portland-Cementen mit gemifchten Cementen und anderen hydraulifchen Bindemitteln handelt, weil durch die Selbftfeftigkeit die höhere Güte, bezw. die befonderen Eigenfchaften des Portland-Cements, welche den übrigen hydraulifchen Bindemitteln abgehen, beffer zum Ausdruck gelangen, als durch die Probe mit Sand.

Obgleich das Verhältnifs der Druckfeftigkeit zur Zugfeftigkeit bei den hydraulifchen Bindemitteln ein verfchiedenes ift, fo wird doch vielfach nur die Zugfeftigkeit als Werthmeffer für verfchiedene hydraulifche Bindemittel benutzt. Dies führt jedoch zu einer unrichtigen Beurtheilung der letzteren. Da ferner die Mörtel in der Praxis in erfter Linie auf Druckfeftigkeit in Anfpruch genommen werden, fo kann die mafsgebende Feftigkeitsprobe nur die Druckprobe fein.

Um die erforderliche Einheitlichkeit bei den Prüfungen zu wahren, wird empfohlen, derartige Apparate und Geräthe zu benutzen, wie fie bei der Königlichen Prüfungsftation Charlottenburg-Berlin in Gebrauch find.

Zug- und Druckfeftigkeit.

Langfam bindender Portland-Cement foll bei der Probe mit 3 Gewichtstheilen Normalfand auf 1 Gewichtstheil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Waffer — eine Mindeft-Zugfeftigkeit von 16 kg für 1 qcm haben. Die Druckfeftigkeit foll mindeftens 160 kg für 1 qcm betragen.

Bei fchnell bindenden Portland-Cementen ift die Feftigkeit nach 28 Tagen im Allgemeinen eine geringere, als die oben angegebene. Es foll defshalb bei Nennung von Feftigkeitszahlen ftets auch die Bindezeit aufgeführt werden.

Begründung und Erläuterungen.

Da verfchiedene Cemente hinfichtlich ihrer Bindekraft zu Sand, worauf es bei ihrer Verwendung vorzugsweife ankommt, fich fehr verfchieden verhalten können, fo ift insbefondere beim Vergleich mehrerer Cemente eine Prüfung mit hohem Sandzufatz unbedingt erforderlich. Als geeignetes Verhältnifs wird angenommen: 3 Gewichtstheile Sand auf 1 Gewichtstheil Cement, da mit 3 Theilen Sand der Grad der Bindefähigkeit bei verfchiedenen Cementen in hinreichendem Mafse zum Ausdruck gelangt.

Cement, welcher eine höhere Zugfeftigkeit, bezw. Druckfeftigkeit zeigt, geftattet in vielen Fällen einen gröfseren Sandzufatz und hat, aus diefem Gefichtspunkte betrachtet, fo wie oft fchon wegen feiner gröfseren Feftigkeit bei gleichem Sandzufatz, Anrecht auf einen entfprechend höheren Preis.

Die mafsgebende Feftigkeitsprobe ift die Druckprobe nach 28 Tagen, weil in kürzerer Zeit, beim Vergleich verfchiedener Cemente, die Bindekraft nicht genügend zu erkennen ift. So können z. B. die Feftigkeitsergebniffe verfchiedener Cemente bei der 28-Tageprobe einander gleich fein, während fich bei einer Prüfung nach 7 Tagen noch wefentliche Unterfchiede zeigen.

Als Prüfungsprobe für die abgelieferte Waare dient die Zugprobe nach 28 Tagen. Will man jedoch die Prüfung fchon nach 7 Tagen vornehmen, fo kann dies durch eine Vorprobe gefchehen, wenn man das Verhältnifs der Zugfeftigkeit nach 7 Tagen zur 28-Tagefeftigkeit an dem betreffenden Cement ermittelt hat. Auch kann diefe Vorprobe mit reinem Cement ausgeführt werden, wenn man das Verhältnifs der Feftigkeit des reinen Cements zur 28-Tagefeftigkeit bei 3 Theilen Sand feft geftellt hat.

Es empfiehlt fich, überall da, wo dies zu ermöglichen ift, die Feftigkeitsproben an zu diefem Zwecke vorräthig angefertigten Probekörpern auf längere Zeit auszudehnen, um das Verhalten verfchiedener Cemente auch bei längerer Erhärtungsdauer kennen zu lernen.

Um zu übereinftimmenden Ergebniffen zu gelangen, mufs überall Sand von gleicher Korngröfse und gleicher Befchaffenheit benutzt werden. Diefer Normalfand wird dadurch gewonnen, dafs man möglichft reinen Quarzfand wäfcht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Mafchen für 1 qcm fiebt, dadurch die gröbften Theile ausfcheidet und aus dem fo erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Mafchen für 1 qcm noch die feinften Theile entfernt. Die Drahtftärke der Siebe foll 0,38, bezw. 0,32 mm betragen.

Da nicht alle Quarzfande bei der gleichen Behandlungsweife die gleiche Feftigkeit ergeben, fo hat man fich zu überzeugen, ob der zur Verfügung ftehende Normalfand mit dem unter der Prüfung des Vorftandes des Deutfchen Cementfabrikanten-Vereins gelieferten Normalfand, welcher auch von der Königlichen Prüfungsftation in Charlottenburg-Berlin benutzt wird, übereinftimmende Feftigkeitsergebniffe giebt.

Beſchreibung der Proben zur Ermittelung der Zug- und Druckfeſtigkeit.

Da es darauf ankommt, daſs bei Prüfung deſſelben Cements 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 Cement-Sand-Proben.

Zugproben.

Die Zugprobe-Körper 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 angenetzte Formen. Man wiegt 250 g Cement und 750 g trockenen Normalſand ab und miſcht Beides in einer Schüſſel gut durcheinander. Hierauf bringt man 100 cbcm = 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 ca. 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 Cement an verſchiedenen Verſuchsſtellen gleiche Dichten erhalten ſollen. — Man ſtreicht nun das die Form Ueberragende mit einem Meſſer ab und glättet mit demſelben die Oberfläche. Man löst die Form vorſichtig ab und ſetzt die Probekörper in einen mit Zink ausgeſchlagenen 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 verſehene Form auf der Unterlagsplatte durch die beiden Stellſchrauben feſt geſchraubt iſt, werden für jede Probe 180 g des wie in 1 hergeſtellten Mörtels in die Form gebracht und wird der eiſerne Formkern eingeſetzt. Man giebt nun mittels des Schlagapparates von Dr. *Böhme* mit dem Hammer von 2 kg 150 Schläge auf den Kern.

Nach Entfernung des Füllkaſtens und des Kerns wird der Probekörper abgeſtrichen und geglättet, ſammt der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im Uebrigen 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 Cement und 1200 g trockenen Normalſand ab, miſcht Beides in einer Schüſſel gut durch einander, bringt 160 cbcm = 160 g Waſſer hinzu und arbeitet den Mörtel 5 Minuten lang tüchtig durch. Von dieſem Mörtel füllt man 860 g in die mit Füllkaſten verſehene und auf die Unterlagsplatte aufgeſchraubte Würfelform. Man ſetzt den eiſernen Kern in die Form ein und giebt auf denſelben mittels des Schlagapparats von Dr. *Böhme* mit dem Hammer von 2 kg 150 Schläge.

Nach Entfernung des Füllkaſtens und des Kernes wird der Probekörper abgeſtrichen und geglättet, mit der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im Uebrigen behandelt wie unter 1.

Anfertigung der Proben aus reinem Cement.

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 Cement ab, bringt 200 g = 200 cbcm 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 Cement genügend erhärtet iſt.

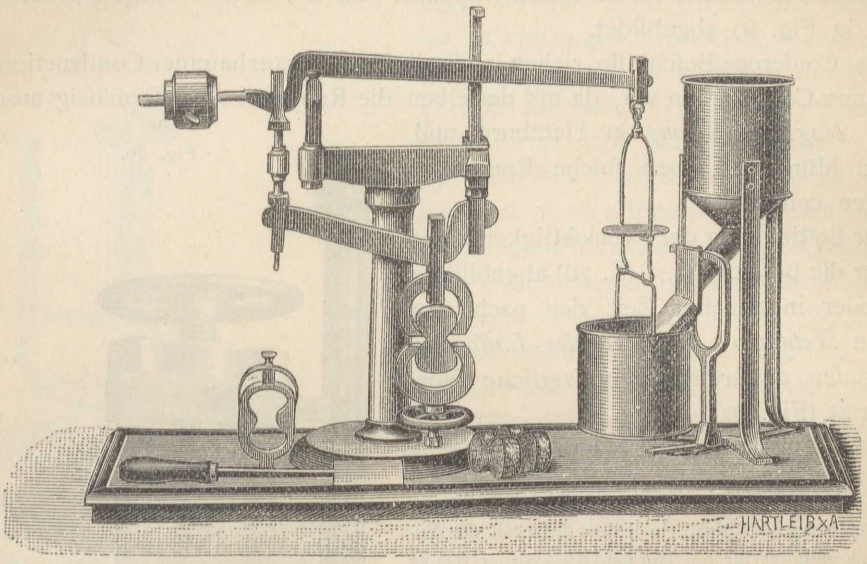
Da beim Einſchlagen des reinen Cements Probekörper von gleicher Feſtigkeit erzielt werden ſollen, ſo iſt bei ſehr feinem oder bei raſch bindendem Cement der Waſſerzuſatz entſprechend zu erhöhen.

Der angewandte Waſſerzuſatz iſt bei Nennung der Feſtigkeitszahlen ſtets anzugeben.

Behandlung der Proben bei der Prüfung.

Alle Proben werden fofort bei der Entnahme aus dem Waffer geprüft. Da die Zerreifsungsdauer von Einflufs auf das Refultat ift, fo foll bei der Prüfung auf Zug die Zunahme der Belaftung während des Zerreifsens 100 g in der Sekunde betragen. Das Mittel aus den 10 Zugproben foll als die mafsgebende Zugfeftigkeit gelten.

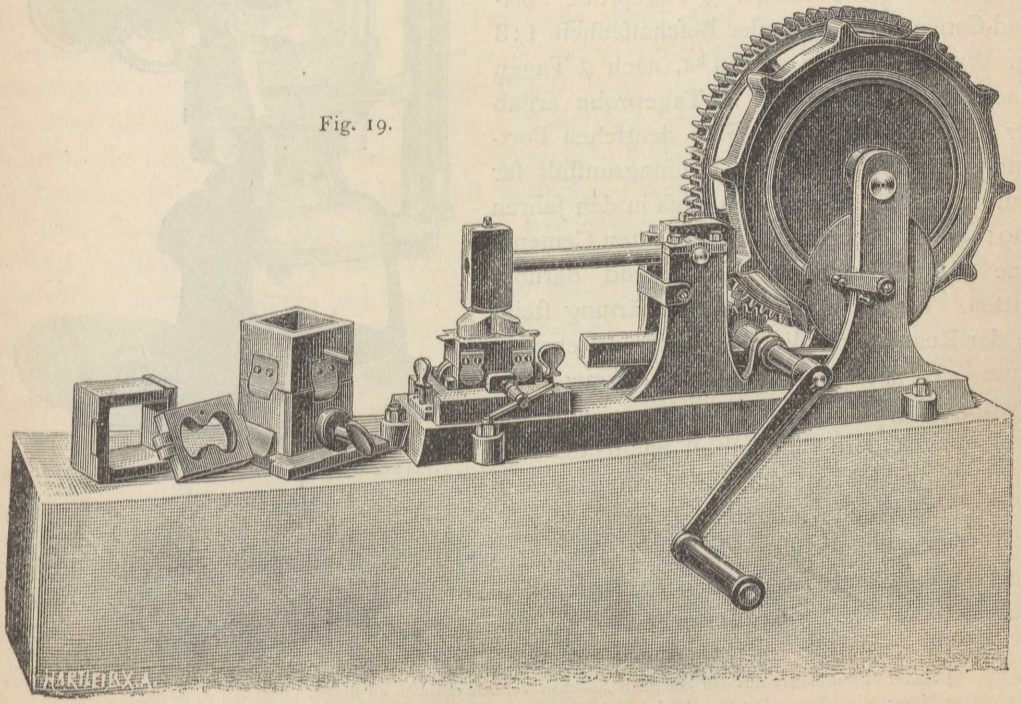
Fig. 18.



Zugfeftigkeits-Apparat von *Michaëlis*.

Bei der Prüfung der Druckproben foll, um einheitliche Ergebniffe zu wahren, der Druck ftets auf zwei Seitenflächen der Würfel ausgeübt werden, nicht aber auf die Bodenflächen und die bearbeitete obere Fläche. Das Mittel aus den 10 Proben foll als die mafsgebende Druckfeftigkeit gelten.

Fig. 19.



Böhme's Hammerapparat.

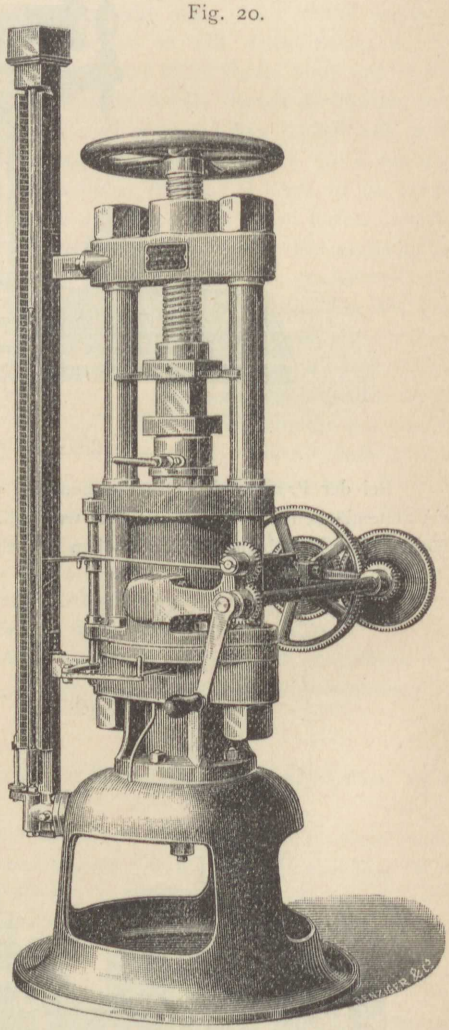
134. Prüfungsvorrichtungen.

Als Normalapparat zur Beſtimmung der Zugfeſtigkeit gilt allgemein der von *Michaëlis*, der, wie alle zur Normenprüfung gehörigen Apparate, vom Laboratorium der Thoninduſtrie-Zeitung in Berlin zu beziehen iſt. Fig. 18 giebt ohne Weiteres ſeine Wirkungsweiſe zu erkennen.

Zum maſchinellen Anfertigen der Probekörper hat der »Verein deutſcher Portland-Cement-Fabrikanten« den Hammerapparat von Dr. *Böhme* vorgeſchrieben; derſelbe iſt in Fig. 19 abgebildet.

Die Conferenz-Beſchlüſſe ziehen aber dieſer Schwanzhammer-Conſtruction eine Fallhammer-Conſtruction vor, da mit derſelben die Rammarbeit ziffermäſsig ausdrückbar iſt. *Nagel & Kaemp* in Hamburg und *Klebe* in München haben ſolche Rammvorrichtungen conſtruirt.

Fig. 20.



Schweizeriſcher Normalapparat für Druckfeſtigkeitsproben.

Zur Beſtimmung der Druckfeſtigkeit dient entweder die bereits Fig. 1 (S. 70) abgebildete Preſſe oder in neueſter Zeit der nach den Angaben *Tetmajer*'s von *Amsler-Laffon* in Schaffhauſen conſtruirte ſchweizeriſche Normalapparat (Fig. 20).

Derſelbe iſt eine hydrauliſche Preſſe mit reibungsloſer Liderung durch Füllung des Druckbeckens mit Ricinusöl, leiſtet 20 Tonnen Druck, giebt gleiche Sicherheit der Ableſung der Kraft in jedem Intervall der Belaſtung und geſtattet für die Normal-Druckkörper 0,25 kg für 1 qcm abzuleſen; der Arbeitsdruck wird an einem controlirbaren Queckſilber-Manometer mit automatiſchem Maximumzeiger abgeleſen.

135. Zunahme der Feſtigkeit.

Auſser den vorgeſchriebenen Mindeſtfeſtigkeiten giebt bei der 3-Tageprobe Portland-Cement von normaler Beſchaffenheit 1:3 bei Waſſererhärtung ca. 10 kg, nach 7 Tagen ſchon 13 bis 15 kg; die 28-Tageprobe ergab zur Kennzeichnung der Güte deutſchen Portland-Cementes in der kgl. Prüfungsanſtalt für Baumaterialien zu Berlin [82]), daſs in den Jahren 1891–92 57 Procent der unterſuchten Cemente eine Zugfeſtigkeit von 20 kg und darüber hatten. Bis zu einem Jahre Erhärtung ſteigt in der Regel noch die Feſtigkeit und erreicht dann ca. das 1½-fache der Normenprobe nach 28 Tagen. Indeſs iſt nicht zu vergeſſen, daſs auch andere Bindemittel nach Jahresfriſt ſo ſtark nachhärten, daſs ſie hierin dem Portland-Cement nahe kommen.

136. Abnutzungsfeſtigkeit.

Noch auffallender, als die groſse Zug- und Druckfeſtigkeit, iſt die hohe Auſsenhärte und damit Abnutzungsfeſtigkeit, die Portland-Cementmörtel erlangt. Dabei verhält ſich nach den Verſuchen von *Böhme* [83]) reiner Cementmörtel ohne Sand-

[82]) Siehe: Mittheilungen aus den königl. techniſchen Verſuchsanſtalten zu Berlin. Heft XI, 4, S. 200.

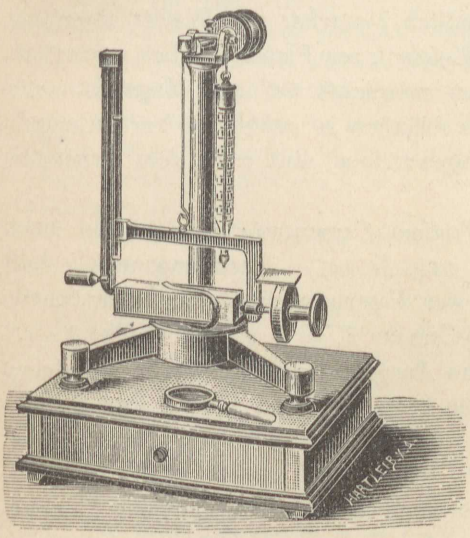
[83]) Siehe: Mittheilungen aus den königl. techniſchen Verſuchsanſtalten zu Berlin. 1890.

zuſatz ungünſtiger, als Cementmörtel mit Sand im Verhältniſs 1 : 1 und 1 : 2, und es iſt die Abnutzung auf der *Bauſchinger*'ſchen Schleifſcheibe für normale Tourenzahl bei Cementmörtel 1 : 3 ſchon nach 7 Tagen Waſſererhärtung nur 1,88 cbcm, alſo weniger wie bei Granit.

137. Volumbeſtändigkeit.

Alle vorgeführten vortrefflichen Eigenſchaften des Portland-Cements würden aber ohne Werth für die Praxis ſein, wenn derſelbe nicht gleichzeitig wenigſtens bis zu einem gewiſſen Grade volumbeſtändig wäre. Und gerade hier liegt bei Portland-Cement die Gefahr. Deſshalb hat man ſeit langer Zeit nach Mitteln geſucht, um in kürzeſter Zeit hierüber urtheilen zu können. Bis jetzt iſt eine Einigung über die ſog. beſchleunigten Volumbeſtändigkeitsproben noch nicht erzielt; namentlich findet die Kochprobe immer noch Gegner (ſiehe Art. 109, S. 145). In den deutſchen Normen iſt nur die Waſſerkuchenprobe vorgeſchrieben. Werthvoll für die ziffermäſsige Beſtimmung der Volumveränderungen von Portland-Cementſtäben hat ſich der *Bauſchinger*'ſche Taſter (Fig. 21) erwieſen, ein Präciſions-Fühlhebel, der geſtattet, an Stäben von 100 mm Länge noch Längenänderungen von 0,005 mm zu meſſen.

Fig. 21.



Bauſchinger's Taſter.

138. Haar- und Treibriſſe.

Schon früher wurde darauf aufmerkſam gemacht, daſs ſämmtliche Geſteine an der Luft ſchwinden und im Waſſer quellen; dieſe mittels des *Bauſchinger*'ſchen Taſters durch *Schumann* gefundene Thatſache giebt über eine namentlich fetten Cementmörteln eigene unangenehme Erſcheinung Aufſchluſs, die Haarriſſigkeit. Jeder colloidale 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 Cement dieſe Riſſe 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 theilweiſer Aufhebung der Cohäſion 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. Am auffallendſten ſind in dieſer Beziehung die ſog. Magneſiatreiber, d. h. magneſiareichere Cemente, die nach anfänglich energiſcher Erhärtung nach Monaten, ja erſt nach Jahren in oft verhängniſsvoller Weiſe ihr Volum vergröſsern. Das Gleiche geſchieht häufig beim *Sorel*'ſchen Magneſia-Cement.

139. Verhalten bei Froſt.

Portland-Cementmörtel 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 energiſch, wie bei warmer Temperatur. Man kann alſo, wie es häufig geſchieht, mit Portland-Cementmörtel noch bei Froſtwetter mauern; nur müſſen möglichſt erwärmtes Waſſer und erwärmter Sand verwendet und der Mörtel thunlichſt ſteif angemacht werden. Zuſatz von

Kochſalz verhindert das Gefrieren überſchüſſigen Waſſers, kann aber ſpäter zu unangenehmen Ausblühungen führen.

140. Ausblühungen. Die Ausblühungen oder Efflorescenzen ſind meiſt ſchwefelſaure oder kohlenſaure Salze, die entweder aus der Aſche beim Brennen oder aus dem Anmachewaſſer, wohl auch aus den Ziegelſteinen, ſtammen und ſich beſonders beim erſten Antrocknen zeigen. Sie ſind auch die Urſache, weſshalb Oelfarbenanſtriche an friſchen Cementmauern nicht haften und man bisher meiſt über Jahr und Tag warten muſſte, bis Oelfarbenanſtrich 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 Fluate hierbei vorzüglich bewährt. Es werden die Cementmauern dabei möglichſt tief mit Magneſia- oder Aluminium-Fluat getränkt; dadurch werden die Alkalien in unlösliche Verbindungen übergeführt, hierauf das überſchüſſige Fluat abgewaſchen, und nach dem Trocknen kann ſofort Oelfarbe aufgetragen werden.

141. Ausgiebigkeit. Die Erhebung der Ausgiebigkeit von Portland-Cementmörtel geſchieht nach den Conferenz-Beſchlüſſen, Punkt 7 (ſiehe Art. 112, S. 147). Rechnungsmäſsig läſſt ſich die Ausgiebigkeit unter Zugrundelegung der Eigengewichte der Beſtandtheile finden. Wird das Einheitsgewicht von Portland-Cement $\delta_c = 3{,}13$, von Waſſer $\delta = 1$ und von Sand $\delta_s = 2{,}65$ angenommen, ſo iſt das Ausgiebigkeitsverhältniſs, bei einem abſoluten Gewichtsverhältniſs P_c, P_w und P_s für bezw. Cement, Waſſer und Sand

$$V = \frac{P_c}{\delta_c} + P_w + \frac{P_s}{\delta_s},$$

d. h. das Mörtelvolum iſt gleich der Summe der angewandten Gewichte von Cement, Sand und Waſſer, dividirt durch die entſprechenden Einheitsgewichte, vorausgeſetzt, daſs keine Contraction 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 Sandzuſätzen im Sinne der Volumvermehrung.

Um aus den gemeſſenen Miſchungsverhältniſſen auf die Gewichtsmengen zurückrechnen zu können, werden allgemein 1 Faſs Portland-Cement 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:		
Cement	Sand	Waſſer	Ausbeute	Cement	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
				Kilogr.	Liter	Liter

Daraus ergiebt ſich auch, daſs bei Portland-Cement das wechſelnde Hektolitergewicht für die Ausgiebigkeit keine praktiſche Rolle ſpielt, wie man früher irrthümlich annahm, und daſs lediglich die Ausgiebigkeit des Sandes maſsgebend iſt.

142. Cement-Kalkmörtel. Bei Zuſatz von mehr Sand, als hinreicht, um völlig ſatten Mörtel zu bilden, alſo bei mageren Cementmörteln, reicht der wenig quellende Portland-Cement nicht hin, um mauergerechten, geſchmeidigen Mörtel zu geben. Es iſt ein praktiſcher Beweis für die Richtigkeit der phyſikaliſchen Anſchauung über die Verkittungs-

wirkung, dafs folcher Portland-Cementmörtel durch Zufatz von Fettkalk nicht blofs gefchmeidiger, fondern auch fefter wird, und zwar fowohl an der Luft, als auch unter Waffer. Es ift das Verdienft von *R. Dyckerhoff*, durch viele Verfuche diefe praktifch hoch bedeutfame Neuerung als zweifellos vortheilhaft hingeftellt zu haben.

Solcher Mörtel zeichnet fich natürlich in erfter Linie durch feine Billigkeit aus; es koftet nach *Dyckerhoff* 1 cbm Kalk-Cementmörtel, welcher felbft noch bei Froftwetter mit beftem Erfolg zu verfchiedenen Bauten angewendet wurde und der aus 1 Gewichtstheil Cement, 1/2 Gewichtstheil Kalkhydrat (= 1 Gewichtstheil Kalkbrei, welcher bei 100 Grad C. getrocknet) und 7 Gewichtstheilen Sand befteht, nur 14,58 Mark. Für Gewölbebauten läfft fich kein befferer Mörtel denken, und es follte hierzu wohl ausfchliefslich Kalk-Cementmörtel genommen werden.

Ferner find dabei die ftarken hydraulifchen Eigenfchaften intereffant. Die Verfuche von *Dyckerhoff* ergaben, dafs ein Mörtel aus 1 Cement, 6 Sand und 1 Kalkteig fchon nach 2 Stunden dem Waffer widerftand, während ein Mörtel aus 1 Theil gleichen Cement und 6 Theil gleichen Sand ohne Kalkteig erft nach 12 Stunden im Waffer hielt; ein Mörtel aus 1 Trafs, 2 hydraulifchen Kalk und 2 Sand 2 Tage, hydraulifcher Kalk rein 4 bis 7 Tage brauchte, um nicht mehr im Waffer zu zerfallen, fondern allmählich zu erhärten.

Eben fo auffallend ift bei den Kalk-Cementmörteln die rafche Erhärtungsfähigkeit, gemeffen durch das Wachfen der Druckfeftigkeit, fowohl an der Luft als im Waffer, gegenüber den Trafsmörteln und den Mörteln aus hydraulifchem Kalk. Die Zugfeftigkeit nimmt ebenfalls durch Zufatz von Kalkteig zu magerem Cementmörtel deutlich zu. Während eine Mifchung aus 1 Cement und 7 Sand nach 28 Tagen im Durchfchnitt 3,5 kg ergab, brachte ein Zufatz von 1 Kalkteig nach gleicher Zeit eine Feftigkeit von 4,1 kg für 1 qcm hervor.

Noch auffallender ift die Erhöhung der Druckfeftigkeit. 1 Cement und 7 Sand gaben nach 28 Tagen 58,3 kg, nach 84 Tagen 69,3 kg Druckfeftigkeit, die gleiche Mifchung und 1 Kalkteig nach 28 Tagen 131,5 kg, nach 84 Tagen 167,2 kg Druckfeftigkeit für 1 qcm.

Die Adhäfion an Backfteinen ift am augenfälligften der unmittelbare Ausdruck der erhöhten Kittkraft. Zwei Backfteine, über Kreuz mit 144 qcm Kittfläche gemauert, gaben bei 1 Cement zu 3 Sand nach 1 Woche 64,0 kg, nach 3 Wochen 90,5 kg Rifsbelaftung, 1 Cement zu 5 Sand nach 1 Woche 18,8, nach 3 Wochen 28,3 kg, hingegen 1 Cement zu 7 Sand und 1 Kalkteig nach 1 Woche 62,2, nach 3 Wochen 84,7 kg Rifsbelaftung für 1 qcm.

Verfaffer kann dies aus feinen eigenen vielfachen Verfuchen vollftändig beftätigen und noch hinzufügen, dafs er für 1 Cement, 5 Sand und 1 Kalkteig nach 1 Woche für die gleiche Kittfläche von 144 qcm 110,2 kg Tragfähigkeit ohne Rifs, fodann bei ftets bleibender Belaftung nach 4 Wochen eine Tragfähigkeit von 165,3 kg, ebenfalls ohne Rifs, erhielt; erft bei einer Belaftung von 169 kg trat die Trennung mitten in der Fuge ein, während bei weitaus den meiften Proben mit 1 Cement und 3 Sand die Trennung am Backftein eintrat, unter Mitnahme einzelner Ziegelfplitter, und zwar bei einer durchfchnittlichen Belaftung nach 4 Wochen von 150 kg.

Als zweckmäfsigfte Mifchungen für Cement-Kalkmörtel haben fich bewährt:

1	Theil	Cement,	5	Theile	Sand	und	1/2	Theil Kalkteig
1	»	»	6 bis 7	»	»	»	1	» »
1	»	»	8	»	»	»	1 1/2	Theile »
1	»	»	10	»	»	»	2	» »

Die Zubereitung der Kalk-Cementmörtel aus Kalkteig gefchieht in der Weife, dafs man den abgemeffenen Kalkteig in der Mörtelpfanne mit dem erforderlichen Waffer zu Kalkmilch anrührt. Sand und Cement werden daneben trocken gemifcht und das Gemifch in die Kalkmilch gefchaufelt, dann fofort durchgearbeitet. Nimmt man ftatt Kalkteig Staubhydrat oder hydraulifchen Kalk, fo werden Sand und Bindemittel zufammen trocken gemifcht und hierauf, wie gewöhnlich, die erforderliche Waffermenge zugegeben. Letzteres Verfahren ift befonders bei Betonbauten vorzuziehen.

143. Cementputz.

Wandflächen, welche mit Portland-Cement geputzt werden follen, müffen vorher von Staub und Schmutz forgfältig gereinigt, gut abgewafchen und wiederholt benetzt werden. Alte Mörtelfugen find auszukratzen. Auf fchmutzigen Flächen

haftet Cementputz nicht, und auf Flächen, welche ſtark Waſſer abſaugen, entſtehen leicht Riſſe. Poröſes Mauerwerk muſs von unten gegen aufſteigende Erdfeuchtigkeit durch eine Iſolirſchicht geſchützt ſein; ſonſt kann der dichte und ſpröde Cementputz durch die Wirkung des Froſtes leicht abgeſprengt werden. Niemals ſollte man zu fetten Cementmörtel anwenden, ſondern, um die nöthige Geſchmeidigkeit zu erhalten, beſſer feineren Sand und bei hohen Sandzuſätzen etwas Kalk beigeben. 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 Portland-Cementputz mindeſtens eben ſo nöthig, wie für Roman-Cementputz, und es ſollte deſshalb letzterer wo möglich nur im Frühjahr und Herbſt bei kühler und feuchter Witterung ausgeführt werden.

144. Eſtrich und Pflaſter.

Die weiteren Verwendungsarten des Portland-Cements können kaum mehr andeutungsweiſe begrenzt werden. Insbeſondere machen ihn ſeine groſse Härte und die daraus folgende Widerſtandsfähigkeit gegen Abnutzung zu Fuſsboden-Eſtrichen und Pflaſterungen, welche ſtark begangen werden, geeignet, und daraus hat ſich eine blühende und berechtigte Cementwaaren-Induſtrie entwickelt, welche beſonders im künſtleriſchen Süden, in Italien und Südfrankreich, aber auch in Deutſchland und in Oeſterreich eine eigene künſtleriſch veredelnde Behandlung des Materials hervorgerufen hat. Entweder werden die Pflaſterungen in ganzen Flötzen als zuſammenhängende Decke (Eſtrich) ausgeführt, oder ſie werden aus einzelnen Cementplatten zuſammengeſetzt.

Im erſteren Falle hat man die Vorſicht zu gebrauchen, daſs man den Cementmörtel nicht zu fett macht, beſonders an der Oberfläche nicht; noch beſſer verhindert man das Entſtehen von Schwindungsriſſen, wenn man nach dem Vorgange *Schillinger's* die Pflaſterung in groſsen Quadraten von etwa 4 qm ausführt, welche durch elaſtiſche Zwiſchenlagen (dünne Theerpappe) 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 Portland-Cement 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 concurriren lebhaft die Marmor-Moſaik-Platten, welche ebenfalls, wenigſtens an der Oberfläche, aus Portland-Cement geformt werden; darin bleiben die verſchiedenen Muſter ausgeſpart, ähnlich wie bei den Mettlacher Flieſen. Die weitere decorative Behandlung iſt eben ſo, wie beim Terrazzo; nur daſs auch häufig die Cementmaſſe ſelbſt verſchiedene Färbemittel erhält, wie dies namentlich bei den italieniſchen und ſüdfranzöſiſchen Moſaik-Flieſen der Fall iſt.

Dieſe Platten werden entweder von der Hand aus faſt ganz trockenem, bloſs erdfeuchtem Cement geformt und ſo lange geſchlagen, bis ſie plaſtiſch werden und Waſſer abſetzen, oder ſie werden unter hydrauliſchem Druck oder auf Spindel-Schwengelpreſſen gepreſſt, wodurch gröſsere Dichtheit und glattere Oberfläche erzielt werden, ohne aber, wie häufig geglaubt wird, durch beliebige Steigerung des Druckes eine beliebig gröſsere Feſtigkeit erzielen zu können, weil plaſtiſche Maſſen, nach Erlangung ihrer Maximaldichte wie Flüſſigkeiten nicht mehr zuſammendrückbar ſind. Ernſtlich muſs an dieſer Stelle vor einem Miſsbrauch gewarnt werden, wodurch mancher Schaden entſtanden iſt. Manche Cementwaaren-Dilettanten benutzen zur Erzeugung von lichter Steinfarbe Kalkaſche, das Zerreibſel und den Abfall der Kalkhochöfen, ohne beſondere Sorgfalt auf völliges Ablöſchen und Abſieben 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 ſogar Mauern ausweichen können, was dann natürlich dem Portland-Cement zugeſchrieben wird.

Weitere Einzelheiten über Cementeſtriche, Terrazzo und Plattenpflaſterungen, insbeſondere über die entſprechenden Unterlagen etc. werden in Theil III, Band 3, Heft 3 (Abth. IV, Abſchn. 3, Kap. über »Fuſsböden«) und Band 6 (Abth. V, Abſchn. 3, Kap. über »Befeſtigung der Hofflächen und Bürgerſteige«) dieſes »Handbuches« gebracht werden.

Eine ganz erfreuliche Entwickelung hat auch die Nachahmung von Breccien-Marmor, Granit und Porphyr erfahren; ſchön polirte Säulen, Vaſen, Grabmonumente etc. werden in ganz vorzüglicher Qualität geliefert. 145. Sonſtige Cementerzeugniſſe.

Die ſo ausgiebig betriebene fabrikmäſsige Herſtellung von Cementröhren geſchieht in ähnlicher Weiſe, wie oben bei Roman-Cement 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 Cementumhüllung dar, wobei das Eiſen ſo angeordnet iſt, daſs daſſelbe auf Zug, der Cement jedoch auf Druck beanſprucht wird. Bei der auſsergewöhnlich hohen Adhäſionsfeſtigkeit von Cement und Eiſen, die von *Bauſchinger* zu 45 kg für 1 qcm gefunden worden iſt, und bei den nahezu gleichen Ausdehnungsziffern des verwendeten Cementmörtels in der Miſchung 1 : 2 und von Stabeiſen ſind der günſtige Erfolg und die raſche Verbreitung der Fabrikate und Anwendungen nach Syſtem *Monier* erklärlich. Näheres hierüber in Theil III, Band 2, Heft 1 (Abth. III, Abſchn. 1, A, Kap. 10, unter c).

g) Mörtel mit hydrauliſchen Zuſchlägen.

Die älteſte Art von hydrauliſchen Mörteln ſind diejenigen mit hydrauliſchen Zuſchlägen. Man verſteht darunter ſolche Kalkmörtel, denen pulverige oder pulverigkörnige Stoffe mit einem wirkſamen Gehalt an Hydraulefactoren in entſprechender Menge zugeſetzt werden. Solche Stoffe ſind vulcaniſche Aſchen und andere Gebilde, wie die berühmte Puzzolanerde, der Traſs und die Santorinerde, oder es ſind künſtlich durch Brennen ſilicathaltiger Stoffe erzeugte Zuſchläge, wie Ziegelmehl, Hochofenſchlacke u. dergl. 146. Hydrauliſche Zuſchläge.

Das Miſchungsverhältniſs von Kalk und hydrauliſchen Zuſchlägen iſt je nach dem Verwendungszweck verſchieden, bewegt ſich jedoch erfahrungsmäſsig 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 Quellungsſubſtanz für die Zuſchläge dienend, dieſelben zu colloidaler Verkittung und Erhärtung anregt. Alle Mörtel mit hydrauliſchen Zuſchlägen ſind in Folge deſſen langſam bindend und langſam, aber ſehr nachhaltig erhärtend.

Die groſsartigen Waſſerbauten der Römer ſind faſt ausſchlieſslich mit dem *Pulvis puteolanus*, der Puzzolane der römiſchen Campagna, und lebendigem, d. h. während des Löſchens verwendeten Kalk ausgeführt worden. Heute noch bilden die Puzzolangruben bei Rom an der *Via Tiburtina* und *Via Oſtienſe*, an der *Porta S. Lorenzo* und *S. Paolo*, ſo wie die von Bacoli, Montenuovo und Baſſano bei Neapel eine ausgedehnte Induſtrie. Die hierbei gebräuchlichſten Miſchungsverhältniſſe von friſch gelöſchtem Staubhydrat und geſiebter Puzzolane ſind nach *Demarchi* und *Fodera*[84]) die folgenden:

für Roh-Bruchſteinmauerwerk . . .	15	Procent	Kalk zu	85	Procent	Puzzolane
» Backſteinmauerwerk	30	»	» »	70	»	»
» Verblendung mit Backſteinen . .	45	»	» »	55	»	»
» Pflaſter in Ziegeln	36	»	» »	64	»	»
» Pflaſter aus Geſchieben und Kies	22	»	» »	78	»	»
» Putz- und Stuckarbeit	40	»	» »	60	»	»

84) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 246, S. 540.

Echte Puzzolane bildet ein braunrothes, gemiſchtkörniges Pulver, das um ſo wirkſamer iſt, je mehr in Salzſäure lösliche Theile es enthält und je feiner ſeine Beſtandtheile ſind. Das Hektolitergewicht geſiebter loſer Puzzolane beträgt 88 kg und das Einheitsgewicht 2,40.

Die Anwendung der Puzzolane beſchränkt ſich heute faſt ausſchlieſslich auf Waſſer- und Luftbauten in Italien. Feſtigkeitsangaben liegen zur Zeit nicht vor.

147. Santorinerde. Die Santorinerde iſt ein Gemiſch aus vulcaniſchem Bimsſteinſand mit feineren Beſtandtheilen vulcaniſcher Aſche von der griechiſchen Inſel Santorin. Als hydrauliſcher Zuſchlag wirkſam ſcheint dabei nur der feine, abſchlämmbare Beſtandtheil zu ſein, der erhebliche Mengen von wirkſamer Kieſelſäure enthält. Die Santorinerde bildet ein grauweiſses, lockeres Pulver, das mit Kalkteig im Verhältniſs von 75 bis 80 Procent Santorinerde zu 20 bis 25 Procent Kalkteig ohne weiteren Waſſerzuſatz als ſteifer Mörtel verwendet wird. Santorinmörtel dient ausnahmslos zu Waſſerbauten, beſonders am Adriatiſchen Meer, widerſteht dem Meerwaſſer nach einigen Tagen und erlangt nach den Verſuchen von *Boemches* am Trieſter Hafenbau binnen Jahresfriſt im Meerwaſſer gröſsere Feſtigkeit, als Portland-Cementmörtel. An der Luft, beſonders bei Beſonnung, wird auch bereits erhärteter Santorinmörtel bald mürbe und bröckelig. Das Hektolitergewicht beträgt loſe 90 kg und das Einheitsgewicht 2,37.

148. Traſs. Der in Deutſchland bekannteſte und in ausgedehntem Maſse verwendete hydrauliſche Zuſchlag iſt der Traſs. Für Tiefbau und Waſſerbau hat er eine belangreiche Bedeutung und beſitzt manche Vorzüge, die ihm für manche Arbeiten die Verwendung ſelbſt an Stelle von Portland-Cement ſichern. Traſs iſt ein vulcaniſcher Tuffſtein, der in mächtigen Lagern bei Plaidt, Kretz und Kruft, unweit Andernach a. Rh. und im Brohlthal vorkommt.

Es giebt minderwerthige Arten von Traſs, die häufig mit den beſſeren Sorten gemiſcht als Verfälſchungsmittel dienen. Deſshalb hat die Vereinheitlichungs-Conferenz in Dresden einheitliche Prüfungsmethoden von Traſsmörtel aufgeſtellt, die ſich denen für die übrigen hydrauliſchen Bindemittel anſchlieſsen und mit Ausnahme der Feſtigkeitsprüfung ſchon in den allgemeinen Conferenz-Beſchlüſſen hierüber angeführt ſind.

Bezüglich der Prüfung auf Feſtigkeit wurde das Nachſtehende beſchloſſen.

Die Prüfung auf Feſtigkeit der Puzzolan-(Traſs-)Mörtel ſoll einheitlich geſchehen an einer Miſchung aus 2 Gewichtstheilen Puzzolane (Traſs), 1 Gewichtstheil Kalkhydratpulver, 3 Gewichtstheilen Normalſand und 1 Gewichtstheil Waſſer. Die Behandlung ſoll im Uebrigen die gleiche ſein, wie für Cementproben; insbeſondere ſollen auch die Traſsmörtel vor dem Verſenken unter Waſſer 24 Stunden an der Luft in einem mit Waſſerdampf geſättigten Raum aufbewahrt werden. Für beſondere Zwecke können die Probekörper auch ſofort nach der Herſtellung unter Waſſer gebracht werden; in ſolchen Fällen empfiehlt es ſich, den Waſſerzuſatz für die Mörtelbereitung um $^1/_{10}$ zu erhöhen. Die Beobachtung der Wärmeverhältniſſe iſt für alle Puzzolan-(Traſs-)Mörtel von gröſster Wichtigkeit; wenn irgend möglich, ſoll eine Temperatur von 15 bis 18 Grad C. für das Anmache- und Aufbewahrungswaſſer innegehalten werden. Zu den Puzzolan-(Traſs-)Mörtelproben ſoll nur reiner Luftkalk (Marmorkalk) angewendet werden, da die Feſtigkeit in hohem Maſse vom Kalk abhängig iſt. Stellen ſich Bauverwaltungen die Puzzolane (den Traſs) aus Tuffſtein (Traſsſtein) ſelbſt her, ſo iſt das Geſtein für die Probenahme ſo fein zu pulvern, daſs 75 Procent das 900-Maſchenſieb und 50 Procent das 4900-Maſchenſieb paſſiren. Bei der Zerkleinerung dürfen keine gröberen Theile ausgeſiebt und fortgeworfen werden; ſondern die Zerkleinerung muſs ſo lange fortgeſetzt werden, bis Alles die vorgeſchriebene Feinheit beſitzt.

Zur Erkennung der Verfälſchungen dient insbeſondere auch die Glühprobe im Zuſammenhang mit dem ſchon in Art. 108 (S. 144) erwähnten Eindringen der

Normalnadel als Maſsſtab für die Anfangserhärtung. Jeder echte Traſs ſoll nach *Herfeldt* mindeſtens 7 Procent Hydratwaſſer Glühverluſt geben, und eine Miſchung von 2 Gewichtstheilen Traſs, 1 Gewichtstheil Kalkhydratpulver und 1 Theil Waſſer, ſofort unter Waſſer gebracht, ſoll bei 15 Grad C. tragen: nach 2 Tagen 330 g, nach 3 Tagen 620 g, nach 4 Tagen 910 g und nach 5 Tagen 1200 g. Mit wechſelnder Wärme des Aufbewahrungswaſſers ändert ſich die Anfangserhärtung weſentlich und ſchwankt nach 3 Tagen bei 10 Grad C. von 230 g bis 2110 g bei 21 Grad C. Eben ſo ſchwankt die Erhärtung nach *Stahl* ganz bedeutend je nach der Feinheit des Traſsmehles. Während der Antheil zwiſchen dem 120- und 900-Maſchenſieb nur 2,5 kg Zugfeſtigkeit zeigt, erlangt das Siebfeine des 4900-Maſchenſiebes 12,5 kg Zugfeſtigkeit für 1 qcm.

Die Feſtigkeit von Traſsmörtel bei Waſſererhärtung für eine Miſchung von 1 Raumtheil Traſs, 1 Raumtheil Kalkteig und 2 Raumtheile Rheinſand beträgt nach *Böhme* in 14 Tagen 16,4 kg und nach 28 Tagen 21,2 kg für 1 qcm Zugfeſtigkeit. Die Druckfeſtigkeit von Traſsmörtel aus 2 Raumtheilen Traſs, 1 Raumtheil Fettkalk und 0,16 Raumtheilen Waſſer beträgt in 14 Tagen bei 20 Grad C. Waſſererhärtung 92 kg und nach 4 Wochen 112 kg; für 1 Raumtheil Traſs, 1 Raumtheil Fettkalk und 1 Raumtheil Sand nach 6 Wochen 94,87 kg; für 1 Raumtheil Traſs, 1 Raumtheil Fettkalk und 2 Raumtheile Sand 95,5 kg; für 1 Raumtheil Traſs, 1 Raumtheil Fettkalk und 3 Raumtheile Sand 93,7 kg, und für 1 Raumtheil Traſs, 1,25 Raumtheile Fettkalk und 4 Raumtheile Sand 97,28 kg für 1 qcm. Daraus läſst ſich ſchlieſsen, daſs bei richtiger Bemeſſung des Kalkzuſatzes Traſsmörtel mit höherem Sandzuſatz beſſere Ergebniſſe liefert, als Mörtel mit weniger Sand bei zu hohem Kalkgehalt. *Herfeldt* ſchlägt nach ſeinen Verſuchen folgende Miſchungsverhältniſſe als die günſtigſten vor:

1	1	1	1	Raumtheil Traſs
1/2	3/4	1	1 1/4	Raumtheile Fettkalk
1	2	3	4	» Sand.

Das Hektolitergewicht von loſem Traſs beträgt 100 kg und das Einheitsgewicht 2,23. Da Traſsmörtel ausreichend genügende Feſtigkeiten ſchon in kurzer Zeit erlangt und bedeutend nachhärtet, auſserdem aber bei richtiger Miſchung ſehr kräftige Adhäſionsfeſtigkeit und vollſtändige Waſſerdichtigkeit beſitzt in Folge der gröſseren Plaſticität, 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 Portland-Cement. Hydrauliſcher Kalk erhöht die Qualität von Traſsmörtel weſentlich.

Die Ausgiebigkeit von Traſsmörtel hängt vom Sandzuſatz ab, und es benöthigt 1 cbm fertiger Mörtel bei den Miſchungen

Traſs		Kalk		Sand	Traſs		Kalk		Sand
2	:	1	:	0	1	:	1	:	3
930 l		470 l		— Liter	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 Portland-Cement, ſo ſtellt ſich auch der Preis von 1 cbm Traſsmörtel weſentlich günſtiger.

h) Mörtel aus Puzzolan-Cement.

149. Puzzolan-Cement.

Wenn auch die Vorzüge des Trafsmörtels anerkannt ſind, ſo ſteht doch ſeiner allgemeinen Anwendung entgegen, daſs man zur Herſtellung deſſelben aus dem Trafsſtein Zerkleinerungsmaſchinen und zur vortheilhaften Miſchung ſorgfältige Aufſicht und Miſchmaſchinen benöthigt, weſshalb nur gröſsere Unternehmer ſolche Einrichtungen treffen können. Der Puzzolan-Cement jedoch iſt, wie der Portland-Cement, ein zur Mörtelbereitung unmittelbar fertiges Erzeugniſs, gemiſcht aus geeigneter, ſtaubfein gemahlener und im günſtigſten Verhältniſs mit Staubhydrat maſchinell gemiſchter Puzzolane, bis jetzt ausſchlieſslich granulirter baſiſcher Hochofenſchlacke. Da Hochofenſchlacke ein läſtiges Abfallerzeugniſs der Hochöfen iſt, das in ungeheuren Mengen gewonnen wird, ſo iſt die Verwerthung derſelben zu einem werthvollen hydrauliſchen Bindemittel von volkswirthſchaftlicher Bedeutung. In Deutſchland, der Schweiz, Frankreich, Oeſterreich und Amerika hat die Verwendung von Schlackencement ſich ſeit 1882 allmählich Eingang verſchafft und wird ſtets für manche Verwendungen dem Portland-Cement ein gefährlicher Concurrent ſein, wenn er auch denſelben niemals zu verdrängen vermag.

150. Eigenſchaften.

Die allgemeinen Eigenſchaften des Puzzolan-Cements kennzeichnen ihn als den Puzzolan-Mörteln verwandt; die möglichſt weit getriebene Feinpulverung des hydrauliſchen Beſtandtheiles der Hochofenſchlacke, 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 Cements, ſondern verleihen der mechaniſchen Miſchung Eigenſchaften, die in mancher Beziehung dem werthvollſten Bindemittel, dem Portland-Cement, mindeſtens gleich kommen. Die Natur beider mechaniſch gemengter Beſtandtheile offenbart ſich im Puzzolan-Cement: das Pulver iſt mehlweich; das Hektolitergewicht beträgt zwiſchen 90 und 100 kg loſe; der Erhärtungsbeginn wird von der Temperatur beeinflufſt, obwohl nicht ſo auffallend, wie bei Trafsmörtel; das Einheitsgewicht beträgt ca. 2,7 und ſchwankt mit den Miſchungsverhältniſſen, die nach den grundlegenden Verſuchen *Tetmajer*'s, je nach der Zuſammenſetzung der Schlacke und des Kalkes, zwiſchen 15 und 25 Procent Kalk auf 75 und 85 Procent Schlackenmehl in Gewichtstheilen ſchwanken.

Die Erhärtungsenergie iſt bei den günſtigſten Zuſammenſetzungen ſo groſs, daſs bei Sandmiſchungen ſowohl Zugfeſtigkeit als Druckfeſtigkeit häufig die Ziffern beſter Portland-Cementmarken erreichen oder übertreffen. Aber eben hier zeigt ſich, daſs die in den Normen feſt gelegten Anforderungen an Zug- und Druckfeſtigkeit zur vollen Kennzeichnung des Werthes eines Bindemittels nicht ausreichen: die Selbſtfeſtigkeit, die Aufsenhärte und Abnutzungsfeſtigkeit des beſten Schlacken-Cements wird von Portland-Cementen ſtets übertroffen, welche auch weſentlich niedrigere Normenziffern zeigen, als Schlackencement. Dagegen ſind Plaſticität und Zähigkeit der Schlackencemente für Adhäſionsfeſtigkeit und für Widerſtandsfähigkeit gegen Schlammbildung unter Waſſer günſtiger. Bezüglich der Volumbeſtändigkeit ſind richtig gemiſchte Schlackencemente gegen Treiben ſicherer, neigen jedoch noch mehr zur Schwindriſſigkeit, als Portland-Cement.

Die Nachhärtung von Puzzolan-Cement ſcheint mit einem halben Jahre abgeſchloſſen zu ſein, während Portland-Cement über ein Jahr lang nachhärtet; an der Luft verhält ſich beſonders breiförmig angemachter Puzzolan-Cement weſentlich un-

günſtiger, als Portland-Cement, und Portland-Cement mit Kalkzuſatz zeigt auch bei hohem Sandzuſatz (1 : 6) an der Luft höhere Feſtigkeiten, als Puzzolan-Cement in der Normalmiſchung 1 : 3. Die Anforderungen an Puzzolan-Cement werden nur von den Schweizer Normen feſt gelegt.

»Schlackencement ſoll auf dem 900-Maſchenſieb nur 1 Procent Rückſtand zeigen. Als Waſſerzuſatz bei den Feſtigkeitsprüfungen mit 3 Theilen Sand ſind 10 Procent vorgeſchrieben. Die normengemäſse 28-Tageprobe ſoll für Schlackencement 16 kg Zug- und 150 kg Druckfeſtigkeit für 1 qcm ergeben.«

151. Ausgiebigkeit.

Die Ausgiebigkeit von Schlacken-Cementmörtel beträgt nach *Tetmajer* an Bedarf von Cement und Sand für 1 cbm feſten Mörtels bei einem Miſchungsverhältniſs in Cement und Sand in Raumtheilen:

Cement		Sand	Cement		Sand	Cement		Sand
1	:	1	1	:	2	1	:	2,5
900 kg		780 l	552 kg		1010 l	437 kg		1080 l
1	:	1,5				1	:	3
600 kg		880 l				400 kg		1170 l

152. Verwendung.

Da der Preis von Schlackencement ſtets billiger ſein kann, als der von Portland-Cement, ſo wird er zu ſolchen Tief- und Waſſerbauten vorgezogen, die langſam fortſchreiten, insbeſondere zum unmittelbaren Betoniren unter Waſſer. Zu Conſtructionen an der Luft, die der mechaniſchen Abnutzung unterworfen ſind, bleiben Schlackencemente im Allgemeinen weniger geeignet, obwohl man in Amerika ſie vielfach auch zu dieſen Zwecken verwendet [85]).

Aehnlich dem Portland-Cement werden Schlackencemente zur Herſtellung von Kunſtſteinen, beſonders farbigen Terrazzo-Flieſen, Badewannen, Tiſchplatten, Grabdenkmälern etc. verwendet, da dieſelben ſich beſſer färben laſſen, als Portland-Cement, und ſehr ſchöne Politur annehmen.

i) Mörtel aus gemiſchten Cementen.

153. Gemiſchte Cemente.

Um einerſeits die thatſächlich im Handel vorkommenden fertigen Miſchungen aus fertigen Cementen mit geeigneten Zuſchlägen als ſolche zu kennzeichnen und andererſeits unlauteren Wettbewerb durch Nichtbezeichnung der gemiſchten Beſtandtheile fern zu halten, hat die Vereinheitlichungs-Conferenz dieſelben als eine eigene Gruppe aufgeſtellt und gefordert, daſs ſie nach dem Grundſtoff und der Angabe des Zuſchlages ausdrücklich als gemiſchte Cemente bezeichnet werden ſollen.

Insbeſondere dienen ſolche gemiſchte Cemente zur Steigerung gewiſſer techniſcher Eigenſchaften, z. B. zur Erhöhung der Geſchmeidigkeit (Portland-Cement mit Kalkpulver oder mit hydrauliſchem Kalk), zur Beſchleunigung des Abbindens (Portland-Cement mit Roman-Cement), zur Erhöhung der Adhäſion, der Waſſerdichtigkeit, der Sandcapacität, zur Erzielung gewiſſer Farbentöne. Sie liefern qualitativ ausreichende, bequem und billig zu verarbeitende Bindemittel für beſondere Zwecke. Die gemiſchten Cemente werden häufig, unmittelbar mit dem paſſenden Sandzuſatz gemiſcht, als Trockenmörtel in den Handel gebracht (ſiehe Art. 93, S. 140).

k) Magneſia- und Gyps-Mörtel.

154. Magneſia-Cemente.

Die Magneſia-Kalk- und die reinen Magneſia-Cemente haben nur beſondere Bedeutung für beſtimmte Zwecke. Während die Magneſia-Kalke, wie ſchon in Art. 75 (S. 128) erwähnt, als Erſatz hydrauliſcher Kalke und als magerer Luftkalk

85) Siehe: Tetmajer. Der Schlackenzement. Notizbl. d. Ziegl.- u. Kalkbr.-Ver. 1887, S. 79.

dienen und ſich durch beſonders hohe Sandcapacität auszeichnen, alſo groſse Adhäſionskraft beſitzen [86]), iſt der reine Magneſia-Cement, der *Sorel*-Cement, aus gebranntem Magneſit 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 decorativen Gegenſtänden, die brillante Färbung und Politur annehmen und an trockener Luft auch dauerhaft ſind, während ſie trotz ihrer verführeriſchen fabelhaften Feſtigkeit, Zähigkeit und Dichte in der Feuchtigkeit unfehlbar erweichen.

Die Fähigkeit, äuſserſt magere und doch ſehr energiſch 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 Holzſtaub, Werg, Juteeinlagen etc. gemagerte, ſehr leichte, zähe und harte Bauplatten für Zwiſchenwände, Böden etc. 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 ſteigt.

Einen gefährlichen Fehler beſitzen nicht ſehr ſorgfältig aus Magneſia-Cement erzeugte Gegenſtände: ſie zeigen häufig das ſchon beim Portland-Cement erwähnte Magneſiatreiben erſt nach langer Erhärtung. Deſshalb kann bei der Verwendung des in neuerer Zeit unter dem Namen »Bitumelith« aufgetauchten Gemiſches von Aſphaltpulver mit Magneſia-Cement zu Pflaſterungen zwiſchen Wänden nur Vorſicht angerathen werden.

155. Gypsmörtel.

Sehr ausgedehnt und mannigfaltig iſt dagegen die Anwendung des Gypsmörtels bei Hochbauten als Innenputz und zu decorativen Zwecken.

Durch Brennen, bezw. Erhitzen bis 125 Grad C. verliert der Gyps einen Theil ſeines Kryſtallwaſſers, geht in eine amorphe, colloidähnliche Form über und bindet bei Zugabe von Waſſer unter Auskryſtalliſirung waſſerhaltigen Gypſes aus überſättigter Löſung raſch und unter Erwärmen und geringer Volumvergröſserung ab, um bis zur Vollendung der Kryſtalliſation nachzuhärten.

Darauf beruht ſeine vortreffliche Eigenſchaft, ſich in Formen gieſsen zu laſſen und als Modellirmaterial erſten Ranges zu dienen. Zu letzterem Zwecke benöthigt man langſamer bindenden Gyps; dies wird durch Verzögerung der Kryſtalliſation mittels Zuſatz von Colloidſubſtanzen, wie Leimlöſung, Pflanzenſchleim oder Kalkbrei etc., bewirkt. Da Gyps, ähnlich wie Roman-Cement, aus ſehr verſchiedenen Waſſerzuſätzen, alſo in ſehr verſchiedener Conſiſtenz abbindet, ohne Waſſer abzuſtoſsen, ſo iſt auch ſeine Poroſität und damit ſeine Feſtigkeit nach dem Abbinden ſehr verſchieden. Alles, was den Waſſerzuſatz zu vermindern geſtattet, macht den Gyps auch dichter, haltbarer, ſchöner, insbeſondere polirbar, daher die Wirkung der verſchiedenen Zuſätze, insbeſondere von Kalkbrei (für Modellirung ca. 15 Procent); daher die Wirkſamkeit ſtärker gebrannten Gypſes, der langſamer abbindet, ferner der günſtige Einfluſs energiſcher Durcharbeitung und die günſtigen Erfahrungen, die man bei richtiger Behandlung damit ſelbſt im Freien gemacht hat.

Die Verwendung des Gypsmörtels iſt die älteſte unter allen chemiſchen Mörteln. Die Aegypter haben ihn bereits beim Pyramidenbau benutzt. Obwohl die chemiſche

[86]) Siehe: Hauenschild. Die Dolomite und ihre praktiſche Verwerthung. Techniker 1872, S. 418. Die dolomitiſchen Cemente. Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873, S. 201.

Natur des Gypsmörtels ſeine Anwendung zu gewiſſen Zwecken von vornherein verbietet, ſo kann doch durch ſachgemäſse Bearbeitung und Schutz gegen zerſtörende Einflüſſe die Anwendung verallgemeinert werden. In Gypsgegenden, wie in Paris, am Harz etc., findet der Gyps allgemeine Anwendung ſtatt Luftkalkmörtel oder doch als ausgiebiger Zuſatz zu ſolchem.

Wandbelege, Decken, Eſtriche, Façaden etc. werden daſelbſt nicht mehr vereinzelt, wie bei uns, ſondern allgemein aus Gyps, und zwar aus der langſamer bindenden hydrauliſchen Modification, hergeſtellt; ſelbſt als Beton wurde oder wird er unter dem Namen »Annalith« am Harze mit Vortheil verwendet. Man hat aus Annalith ganze Fabrikſchornſteine gebaut. Zweifelsohne hängt ſeine ſo ſehr verſchieden beurtheilte und erprobte Empfindlichkeit in erſter Linie mit der Dichtheit oder Poroſität ſeiner Oberfläche und ſeiner Feſtigkeit an ſich zuſammen.

Die Beurtheilung der Qualität liegt heute noch ganz in den Händen des Empirikers. Einheitliche Verfahren zur Prüfung von Gyps fehlen noch. Nur *Tetmajer* hat ſehr werthvolle Angaben über die techniſchen Eigenſchaften und Feſtigkeiten der ſchweizeriſchen Gypsſorten 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; die zur Herſtellung eines Breies von Normal-Conſiſtenz nöthige Waſſermenge beträgt zwiſchen 48 und 72 Procent, 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.

156. Marmorcement.

Die Alaun- und Borax-Gypſe oder *Keene*'s- und Parian-Cemente finden beſonders zu ornamentalen und figürlichen Verzierungen und zu brillanten Stuck-Marmorarbeiten Verwendung. Ihre Dichtheit und Härte, das unter geringem Waſſerzuſatz ermöglichte homogene 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-Cement, mit 20 Procent Waſſer angemacht, nach 4 Wochen eine Zugfeſtigkeit von 36,9 kg und eine Druckfeſtigkeit von 411 kg für 1 qcm, deutſcher Marmorcement dagegen 47,8 kg Zugfeſtigkeit und 423 kg Druckfeſtigkeit für 1 qcm.

157. Gypsdielen.

Das Gebiet der Gypsmörtelverwendung iſt in neuerer Zeit beſonders durch Herſtellung von Gypsdielen oder Schilfbrettern erweitert worden, leichte zu Zwiſchenwänden und Decken verwendete Tafeln aus einem mit Schilfbündeln durchzogenen und mit allerlei leichten organiſchen Abfallſtoffen verſetzten Gypsguſſe. Näheres hierüber in Theil III, Band 2, Heft 1 (Abth. III, Abſchn. 1, A, Kap. 6, unter b, 1) dieſes »Handbuches«.

158. Härten des Gypſes.

Bautheile aus Gyps werden dauerhaft gehärtet und gegen Witterungseinflüſſe geſchützt durch Tränken mit ſehr dünner Kalkmilch und nachherige Behandlung mit *Keſsler*'ſchen Fluo-Silicaten; ſie werden abwaſchbar gemacht durch Imprägniren mit Paraffin oder Stearin, in Petroleumäther gelöst.

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. Tufftein, Trafs und hydraulifcher Mörtel. Coblenz 1849. — 2. Aufl. 1863.

Hertel, A. W. Die Lehre vom Kalk und Gyps etc. Weimar 1851. — 5. Aufl.: Kalk, Gyps, Cement etc. Von F. Neumann. 1886.

Becker. Erfahrungen über den Portland-Cement. Berlin 1853.

Görz, R. Chemifche und praktifche Unterfuchung der wichtigften Kalke des Herzogthums Naffau. Wiesbaden 1854.

Cohn, J. Ueber die Wichtigkeit der Cemente in Beziehung auf gefunde Wohnungen, dauerhafte Waffer- und Prachtbauten, Kunftfteine, Anlegung von Silos, fowie auf Fabriks-Induftrie etc. Breslau 1855.

Gillmore, Q. *Practical treatife on limes etc.* New-York 1858—61. — 4. Aufl. 1872.

Manger, J. Die Portland-Cemente etc. Berlin 1859.

Becker, W. A. Praktifche Anleitung zur Anwendung der Cemente zu baulichen, gewerblichen, landwirthfchaftlichen und Kunft-Gegenftänden. Berlin 1860. — 2. Ausg. 1869.

Heusinger v. Waldegg, F. Die Kalk-, Ziegel- und Röhrenbrennerei. In ihrem ganzen Umfang und nach den neueften Erfahrungen. Leipzig 1861. — 3. Aufl. 1876.

Austin. *Practical treatife on the preparation, combination and application of calcareous and hydraulic limes and ciments.* London 1862.

Heusinger v. Waldegg, E. Der Gypsbrenner, Gypsgiefser und Gypsbaumeifter. Leipzig 1863.

Ziurek. Ueber Mörtel. Zeitfchr. des Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover. 1863, S. 381.

Mihalik, J. v. Die hydraulifchen Kalke und Cemente. Peft 1865.

Ferrand, S. *Étude hiftorique, théorétique 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-hydraulifchen und künftlich-hydraulifchen Kalken, fowie ihre Anwendung zu baulichen, gewerblichen und landwirthfchaftlichen Zwecken, wie auch zu Kunftgegenftänden. Weimar 1865. — 2. Aufl. 1874.

Reih, H. *Practical treatife on the manufacture of Portland cement.* London 1868.

Färbung von Kalk-Mörtel. Deutfche Bauz. 1868, S. 436.

Michaelis, W. Die hydraulifchen Mörtel, insbefondere der Portland-Cement in chemifch-technifcher Beziehung. Leipzig 1869.

Hydraulifche Mörtel. Deutfche Bauz. 1869, S. 275.

Loeff, P. Gründliche Anleitung zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelöfen, fowie zum Betriebe von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelbrennereien. Berlin 1870.

Kalk-Cement-Mörtel. Deutfche Bauz. 1870, S. 165.

Loeff, P. Entwürfe zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelbrennereien, in vollftändig ausgeführten Zeichnungen nebft gründlicher Anleitung zum Betriebe derartiger Anlagen. 2. Aufl. Leipzig 1873.

Mörtel mit Sägefpähnen gemifcht. Deutfche Bauz. 1870, S. 75; 1876, S. 150.

Schülke, H. & F. Wiebe. Unterfuchung über die abfolute Feftigkeit verfchiedener Mörtel. Deutfche Bauz. 1875, S. 334.

Klose, H. Der Portland-Cement und feine Fabrikation. Wiesbaden 1876.

Behrmann, Th. Beiträge aus Rufsland zur Kenntnifs des Portland- und Roman-Cements. Riga 1876.

Nutzwerth verfchiedener hydraulifchen Mörtelmaterialien. Deutfche Bauz. 1878, S. 29.

Rheinifcher Trafs. Deutfche Bauz. 1878, S. 311.

Zwick, H. Kalk- und Luftmörtel etc. Wien 1879.

Zwick, H. Hydraulifcher Kalk und Portland-Cement etc. Wien 1879.

Hauenschild, H. Katechismus der Baumaterialien. Theil II: Die Mörtelfubftanzen. Wien 1879.

Stegmann, H. Die Kalk-, Gyps- und Cementfabrikation. Berlin 1879.

Wolff, E. W. Ueber Mörtel-Mifchungen und Mörtel-Proben. Deutfche Bauz. 1879, S. 292.

Nagel, H. Die Bereitung und Verwendung der Cemente, ferner die Zufammenfetzung und Verwendung des Glafes. Stuttgart 1880.

Deutfche bautechnifche Tafchenbibliothek. Heft 58: Der Portland-Cement. Von W. W. Maclay. Deutfch von B. Stahl & R. Rudolff. Leipzig 1880.

Dyckerhoff, R. Eigenfchaften und Feftigkeit verfchiedener hydraulifcher Mörtel- und Betonforten, insbefondere aus Portland-Cement. Deutfche Bauz. 1880, S. 120.

Duquesnay. *Calcaires, chaux, ciments, mortiers.* Paris.

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 conftruire.* Paris 1877.

Erdmenger, L. Eine Bemerkung über Feſtigkeitserhöhung von Portland-Zement-Mörtel durch Zuſätze. Deutſche Bauz. 1880, S. 461.

Lehmann, O. Zur Frage der Feſtigkeits-Erhöhung von Portland-Zement-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.

Geſchliffener 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, Alabaſter 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 Architecten-Verein. Zürich 1883.

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.

Belelubsky, N. Zur Normenfrage für Cemente. Rigaſche Ind.-Zeitg. 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 contrôle des chaux hydrauliques et des ciments etc.* Paris 1888.

Der Gips 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 Anwendungen im Bauweſen. Bearbeitet im Auftrage des Vereins deutſcher Portland-Cement-Fabrikanten. Berlin 1892.

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.

Literatur

über »Prüfung von Cementen 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 der 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. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1880, S. 81.

Michaelis, W. Zur Prüfung des Cements. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 666, 679.

Kraft, W. Zugfeſtigkeits-Apparat zur Prüfung von Portland-Cement. Wochſchr. d. öſt. 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 Theilen 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.

Michele's 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.

Michele's 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 ſtädtiſche Prüfungsanſtalt für hydrauliſche Bindemittel in Wien. Wochſchr. d. öſt. 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.

Michaelis, W. Vorrichtung zur Ermittelung der Haftfeſtigkeit des Mörtels. Baugwks.-Ztg. 1891, S. 101.

Greil. Apparat zur Beſtimmung der Abbindeverhältniſſe hydrauliſcher Bindemittel mit automatiſcher Regiſtrirung. Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 371.

Methoden und Reſultate der Prüfung hydrauliſcher Bindemittel. Zürich 1894.

1) Mörtelmaſchinen.

159. Mörtelmaſchinen.

Im Vorhergehenden iſt bereits Mehreres über die Bereitung des Mörtels, namentlich in ſo weit ſie durch Handarbeit geſchieht, geſagt worden; insbeſondere ſind die Hauptgrundſätze, die bei der Mörtelbereitung maſsgebend ſind, angegeben worden. Einige hier einſchlägige Einzelheiten wird auch noch Theil I, Band 3 (Bau-

führung) dieſes »Handbuches« bringen. Dem gemäſs werden wir uns an dieſer Stelle ziemlich kurz faſſen können.

Es geht aus dem Begriffe der Wirkungsweiſe der Mörtel hervor, daſs Alles, was die Annäherung der einzelnen Beſtandtheile des Mörtels befördert und was die Gleichmäſsigkeit der Miſchung erhöht, die Qualität des Mörtels verbeſſern müſſe, 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 Conſtructionen von Mörtelmaſchinen laſſen ſich im Weſentlichen drei Syſteme unterſcheiden: Maſchinen mit Zinken, mit Quetſchwerk und mit Meſſern.

160. Maſchinen mit Zinken.

1) Mörtelmaſchinen mit Zinken haben den Vortheil, daſs bei ihnen alle Zwiſchenmechanismen, wie Räder, Riemen etc. 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 Conſtruction einer Mörtelmaſchine, jene von *Perronet*; ſie iſt nichts als eine kreisrunde, flache Rührvorrichtung nach Art der Thonrührwerke, entweder mittels Göpel für Pferdebetrieb oder für Maſchinenantrieb eingerichtet. Das Miſchen vollbringen nach 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 fertig ſtellen.

161. Maſchinen mit Quetſchwerk.

2) Mörtelmaſchinen mit Quetſchwerk. In einer offenen Pfanne wird die Miſchung durch umlaufende Quetſchwalzen bewirkt, oder aber es wird die Pfanne unter den rotirenden Walzen in Umdrehung geſetzt; der Nutzeffect 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 Nachtheil 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 einen beſſeren Nutzeffect giebt und ſich für Pferdebetrieb gut eignet.

Als Beiſpiel diene die Maſchine von *Le Brun*, welche, wie die *Perronet*'ſche, eine kreisrunde Miſchbahn mit lothrechter 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 aufgehangen, ſich mitdrehten, herabgelaſſen und gleichzeitig ein Schieber am Boden derſelben geöffnet. Dadurch wird der fertige Mörtel raſch entfernt.

In das vorliegende Syſtem ſind auch die Kollergänge einzureihen, welche ſich in neueſter Zeit auch in Deutſchland gut eingeführt haben; hinter jedem Kollerrad wendet eine Art Pflugſchar den Mörtel einmal nach einwärts, das andere Mal nach auswärts, und ein ebenfalls aufgehängter Abſtreicher entfernt nach der nöthigen Anzahl Umdrehungen die Maſſe durch ein Loch am Umfange der Kollerpfanne. — *Grothe* in Luxemburg hat eine Maſchine conſtruirt, die gleichfalls aus einem Kollergang mit zwei ſchweren eiſernen Walzen beſteht und ſtündlich ca. 6,2 cbm Mörtel liefert.

162. Maſchinen mit Meſſern.

3) Mörtelmaſchinen mit Meſſern. Es war nahe liegend, den Grundgedanken der Thonſchneider für die Mörtelbereitung zu verwenden; die neueren Maſchinen ſind faſt ausſchlieſslich nach dieſem Syſtem conſtruirt. Der Mörtel wird

in cylindrifchen Trommeln, die im Inneren mit Meffern befetzt find, gemifcht. Man hat Mafchinen mit lothrecht, mit fchräg und mit wagrecht liegender Mifchtrommel.

Roger in Paris hat den ftehenden Thonfchneider für die Zwecke der Mörtelbereitung umgeändert, und die franzöfifchen Architekten und Ingenieure arbeiten vielfach mit feinen Mafchinen. Diefe find nichts als ftehende Cylinder mit einer oberen trichterförmigen Mündung und lothrechter rotirender Meffer-welle im Inneren. Drei Kränze von fpiralförmig geftellten Armen mit Seitenzinken, wovon der mittlere an der Aufsenwand feft fitzt, kneten und mengen den Mörtel, indem fie ihn zugleich nach dem Boden zu drücken. Dafelbft befindet fich ein ftemförmiges Syftem von breiten Flacheifen, welches durch eine Anzahl Schlitze im Boden den fertigen Mörtel durchpreft. Die Leiftung ift durchfchnittlich die von 8 Mörtelarbeitern. Am Hafenbau von Algier wurden fehr günftige Erfahrungen damit gemacht. — Die von *Boué* conftruirte Mörtelmafchine hat einen Eifenblech-Cylinder von ca. 1 m Höhe und 0,85 m Durch-meffer, worin fich eine mit den radial geftellten Meffern befetzte lothrechte Welle dreht; damit die Maffe nicht zu fchnell durch die Trommel hindurchgehe, find im Inneren der letzteren noch ein paar feite Arme angenietet. Mittels einer 4-pferdigen Locomobile können in 10 Stunden ca. 60 cbm Mörtel erzeugt werden. Aehnliche lothrecht ftehende Mörtelmafchinen für Handbetrieb wurden beim Bau der Gotthardbahn verwendet.

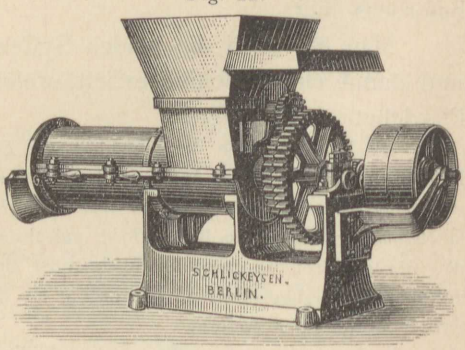
Die lothrechten Mörtelmafchinen haben aber nothwendig einen unvermeidlichen Fehler, nämlich dafs befonders Anfangs die Mifchung wegen des Durchfallens der zu mifchenden Mörtelbeftandtheile nicht gleichmäfsig genug ift. Diefer Uebelftand fällt bei den Mörtelfchneidern liegender Conftruction weg, welche gegenwärtig in Deutfchland am gebräuchlichften find, obwohl die ftehenden Mafchinen einen geringeren Kraftaufwand erfordern.

Bei den Mafchinen mit fchräg liegender Trommel wird die letztere, nachdem fie mit den Mörtel-ftoffen gefüllt ift, in Umdrehung gefetzt. Solche Mafchinen werden häufig vorgezogen, wenn der Mörtel fofort zur Betonbereitung verwendet werden foll, weil er alsdann unmittelbar aus der Trommel in die unten liegende Betontrommel geleitet werden kann.

Unter den Mafchinen mit wagrechter Trommel ragt befonders jene von *Schlickeyfen* hervor. Diefe Mörtelmafchine hat fich bei vielen Bauten in Berlin, Hamburg etc. feit Jahren bewährt und ift jetzt fo verbeffert und hat folche unleug-bare Vortheile gebracht, dafs man nach dem Vorgange Berlins fchon hie und da eigene Mörtelfabriken angelegt hat, welche, mittels Dampf betrieben, überall auf die Bauftellen hin den fertigen Mörtel liefern.

Ein liegender Cylinder mit fpiralförmig an einer centralen Achfe und an den Aufsenwänden an-geordneten Knetmeffern empfängt aus einem Trichter mit Regelungsvorrichtung immer die entfprechende Menge Kalkbrei und Sand, welche beide durch verhält-nifsmäfsige Becherwerksauffätze zugeführt werden; der Sandaufzug ift aufserdem noch mit einer Siebvorrichtung zur Entfernung des groben Kiefes verfehen. Der fertige Mörtel verläfft am entgegengefetzten Ende des Cylinders denfelben und fällt gleich in die Transportwagen. Ge-wöhnlich ift zur Erhaltung vollkommen ficher ftetigen Betriebes eine Erfatzmafchine mit aufgeftellt. Eine 6-pferdige Dampfmörtelanlage leiftet in 10 Arbeitsftunden gegen 100 cbm Mörtel, erfetzt demnach reichlich 50 Mörtel-macher und verforgt 300 Maurer, angenommen, dafs ein Maurer täglich 500 Backfteine (Normalformat) vermauert und auf 1000 Ziegel $6^2/_3$ hl Mörtel benöthigt.

Fig. 22.



Mörtelmafchine von *Schlickeyfen* in Berlin.

Fig. 22 bringt eine Anficht diefer viel verbreiteten Mörtelmafchine.

Kleinere wagrechte Mörtelmafchinen mit Kurbelantrieb, mit 2 Knetachfen und abwechfelnden Meffern baut die Georgs-Marienhütte in Osnabrück. Sie leiften in der Stunde zwar nur 1,0 bis 1,5 cbm Mörtel mit zwei Mann an der Kurbel, haben aber den Vortheil der leichten Transportirbarkeit [87]).

[87]) Näheres über Mörtelmafchinen fiehe in: Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften. Bd. IV, Abth. 3, Lief. 4. Leipzig 1888. Kap. XV: Mörtelmafchinen. Von E. Sonne.

Bei richtiger Auswahl der Mörtelmaſchine erſpart 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 Raumerſparniſs zur jetzt ſo allgemein gewordenen fabrikmäſsigen Herſtellung von Maſchinenmörtel beigetragen.

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 Weichſelbrücke bei Dirſchau. Zeitſchr. f. Bauw. 1861, S. 378.

Franzius. Kritik der gebräuchlichen Mörtelmaſchinen. Deutſche Bauz. 1868, S. 136.

Mörtelbereitungsmaſchine. Romberg's Zeitſchr. für prakt. Bauk. 1870, S. 199.

Kopka. Die mechaniſche Mörtel- und Beton-Bereitung. Haarmann's Zeitſchr. 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 Zeitſchr. 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.

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 Mörtelbereitungsmaſchine. Deutſches Baugwksbl. 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: Mörtelmaſchinen. Von E. Sonne.

Mörtelmaſchine von *Brück, Kretſchel & Co.* in Osnabrück. Baugwks.-Ztg. 1888, S. 307.

Maſchine zum Miſchen von Beton und Mörtel. Schweiz. Bauz., Bd. 14, S. 150.

---

4. Kapitel.

Beton.

Von Hans Hauenschild.

163. Betonarten.

Unter dem allgemeinen Namen Beton faſſen wir hier im Gegenſatze zu Verbandmauerwerk jenen für die Herſtellung von raumbegrenzenden Conſtructionen dienenden Bauſtoff zuſammen, bei welchem der Mörtel nicht bloſs Verbindungsmaterial, ſondern gleichzeitig eigentliches Conſtructionsmaterial 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 Gufsmauerwerk, wie es die Römer, Mauren und die Meiſter des Mittelalters anwandten. Oder die Lehren ſind blofs Gerüſtwerk, welches bis zur erfolgten Erhärtung ſtehen bleibt; dies iſt alsdann der eigentliche Beton oder *Concrete*[88]), wie die Engländer ihn nennen.

Zu Beton, der bisweilen auch Grobmörtel genannt wird, werden alle Arten Mörtelſtoffe verwendet und auch die im gemeinen Wortſinn nicht als eigentliche (chemiſche) Mörtel betrachteten Stoffe, wie Aſphalt. Nach dem Bindeſtoff 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 wenig ſchwindenden Mörteln hergeſtellt. Das alte Gufsmauerwerk, von deſſen Solidität das Pantheon in Rom ein glänzendes Zeugnifs giebt, war Puzzolan-Mörtel mit ſo wenig ſchwindender Maſſe, dafs das Setzen der Verblendung und das Setzen der Füllung einander gleich blieben, nicht blofs im linearen Schwinden, wodurch überhaupt von vornherein die Möglichkeit eines ſoliden Mauerwerkes bedingt iſt, ſondern auch im temporären Schwinden, wodurch die Dauer eines Gufsmauerwerkes gewährleiſtet wird.

Mit dem Verfall der Gufsmörtel-Technik ſchwand allmählich die Zahl der gelungenen Gufsmörtelbauten; 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 Stampfmauerwerk, welches Monolithe herſtellen ſoll, nur ſelten ſo viel Vertrauen, um mit der 10-fachen Sicherheit nicht als Wagnifs zu gelten; jedoch iſt in den letzten Jahren durch Klarlegung der Grundſätze ſachgemäfser Mörteltechnik und durch ſcharfe Befolgung derſelben in der Praxis, namentlich aber durch maſchinelle Miſchung und Verarbeitung, die Anwendung von Beton auch im Hochbau immer allgemeiner geworden.

164. Füllſtoffe. Als Füllſtoffe werden in den meiſten Fällen natürlicher Fluſs- und Grubenkies, ſo wie künſtlich klein geſchlagene Steinſtücke verwendet; aufserdem werden auch Hochofenſchlacken, Steinkohlenaſche etc. gebraucht.

Man fordert von den zur Betonbereitung dienenden Steinſtücken, dafs ihre Korngröfse nicht zu verſchieden ſei und 4 bis 5 cm nicht überſteige; ferner dafs ſie frei von Staub-, Schlamm- und Erdtheilchen ſeien und dafs ſie eine möglichſt rauhe Oberfläche haben, damit der Mörtel beſſer adhärire. Die Erfüllung der letztgenannten Bedingung iſt indefs nicht unbedingt nothwendig, da man auch mit ganz glatt geſchliffenen Fluſskieſeln einen guten Beton erzeugen kann.

Man pflegt wohl auch noch als Bedingung aufzuſtellen, dafs zum Beton beſonders harte Steine zu verwenden ſeien; indefs iſt dies nicht richtig, da es genügt, ſolche Steine zu wählen, deren Druckfeſtigkeit der Druckfeſtigkeit des erhärteten Mörtels gleich kommt.

Die Verbindung zwiſchen Steinſchlag und Mörtel wird eine um ſo innigere werden, je mehr die in den Berührungsflächen der Steinbrocken ſteckenden Theile derſelben durch Feuer aufgeſchloſſen ſind. Es empfehlen ſich deſshalb in erſter Reihe

---

88) Nach *Paisley* ſollen die Engländer *Concrete* (vom Lateiniſchen *concreſco*) zuerſt 1817 angewendet haben. — In Deutſchland werden häufig »Beton« und »Concrete« als nicht gleich bedeutend angeſehen. Nicht ſelten wird für den Concretbau als kennzeichnend angegeben, dafs ſtatt der Steinbrocken oder auch neben dieſen anderweitige Füllſtoffe, wie Aſche, Schlacken etc., zur Anwendung kommen.

Dolerit, Baſalt, Trachyt, Lava, Porphyr etc.; aus gleichem Grunde geben auch Brocken aus normal gebrannten Backſteinen einen guten Füllſtoff ab, vorausgeſetzt, daſs ſie gar gebrannt, keine Bleicher und nicht ſchlackig ſind[89]). Auſser dieſen Materialien wird auch Steinſchlag aus feſteren Sand- und Kalkſteinen, aus Grauwacke etc. angewendet.

Die ſchon gedachten Hochofenſchlacken ſind gleichfalls mit Erfolg zur Betonbereitung benutzt worden, wobei ihre hydrauliſchen Eigenſchaften und die verhältniſsmäſsige Billigkeit zu Gute kommen. Dadurch entſteht ſog. Schlackenbeton.

Die ſcharfkantig ebenflächigen Begrenzungsebenen des geſchlagenen Steines ſind der Ineinanderlagerung und der erreichbaren Feſtigkeit günſtiger, als die abgerundeten krummflächigen von Fluſsgeſchieben oder Fluſskies. Nach *Tetmajer* beträgt bei ſog. Normalbeton, bei dem Normalmörtel ſämmtliche Zwiſchenräume von Kies oder Steinſchlag ſatt ausfüllt, die Druckfeſtigkeit nach 28 Tagen Waſſererhärtung bei ſcharfem Kies 351 kg, bei rundem Kies 282 kg für 1 qcm; dagegen tritt die eigentliche Mörtelfeſtigkeit beim runden Kies mehr hervor und insbeſondere die gröſsere Adhäſion von Portland-Cementmörtel gegenüber ſchwächeren Bindemitteln.

Unter beſtimmten Umſtänden wird ſtatt Kies und Füllſtoff einfach Sand verwendet, und es tritt in dieſem Falle die Korngröſse des Sandes als wirkſamer Factor in der Weiſe in Geltung, daſs feinkörniger Sand, weil ſeine Zwiſchenräume kleineren Durchmeſſer haben und Capillarröhren 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.

Häufig wird zu Beton Kies verwendet, bei dem alle Korngröſsen und Formen bis zum feinſten Sand gemiſcht erſcheinen, und es werden dadurch die Zwiſchenräume ſehr günſtig ausgefüllt; deſshalb erreicht auch Beton aus gemiſchtem Kies hohe Feſtigkeit. Da die Zwiſchenräume gleich groſser Körper in regelloſer Lagerung ca. 40 Procent betragen und der Durchmeſſer der Hohlräume dabei zwiſchen $^2/_5$ und $^1/_6$ der Körperdurchmeſſer beträgt, ſo wäre die günſtigſte Miſchung für Kies von 5 cm Durchmeſſer eine dem entſprechend abgeſtufte Miſchung verſchiedener Korngröſsen, die zuletzt den Mindeſtzwiſchenraum oder die dichteſte Lagerung ergeben, die annähernd entſpräche:

auf 1000	Raumtheile	von	50	mm	Durchmeſſer
+ 200	»	»	20	»	»
+ 200	»	»	8	»	»
+ 40	»	»	5	»	»
+ 80	»	»	3	»	»
+ 40	»	»	1,3	»	»
+ 16	»	»	0,8	»	»
+ . . .			. . .		

In Wirklichkeit iſt das Verhältniſs natürlich ſehr wechſelnd, je nachdem die Korngröſsen verſchieden ſind und je nach dem Verwendungszwecke.

Für Luftbeton, bei dem es wünſchenswerth iſt, daſs er behufs Vermittelung der Lüftung möglichſt porös iſt und beim Durchtritt der Kohlenſäure zur Erhärtung beiträgt, alſo bei Verwendung von Kalkmörtel oder Cement-Kalkmörtel,

89) Eües, C. Beiträge zur Beton-Frage. Deutſche Bauz. 1874, S. 53.

ift die Menge Füllftoff Kies plus Sand am gröfsten und nur fo viel Bindemittel nöthig, um die fich fonft unmittelbar berührenden Flächen des Füllftoffes zu verkitten, ohne ihre körperlichen Zwifchenräume auszufüllen. Je mehr die Beftandtheile durch Stampfen einander genähert und in einander verkeilt werden, defto fparfamer ift der Zufatz von Bindemittel bei noch genügender Stabilität geftattet. Defshalb ift bei Hochbauten ftets die Verwendung von Beton mit überfchüffig vorwiegenden Füllftoffen oder magerem Beton angezeigt.

Wenn es fich dagegen um Abfchlufs von Waffer und Feuchtigkeit handelt, beim hydraulifchen Beton, gilt das Gefetz von *Rondelet*: Die nöthige Menge Bindemittel ift gleich der Summe der Hohlräume des Füllftoffes.

165. Mörtelmenge.

Die Beftimmung der Hohlräume bei Betonmaterialien ift daher praktifch wichtig. Für groberen Schotter und Kies ift es genügend genau, wenn man nach der Vorfchrift von *Rondelet* ein Mafsgefäfs mit dem betreffenden Material füllt und fo lange Waffer darauf giefst, bis die Oberfläche von Kies mit der Waffероberfläche gleich ift. Die Menge zugegoffenen Waffers ift gleich der Summe der Hohlräume und foll bei fattem Beton durch eine gleich grofse Menge Mörtel erfetzt werden. Wegen der dickflüffigen Breiconfiftenz des Mörtels ift aber zur allfeitigen Umhüllung und Verkittung, befonders bei Beton, der nur gefchüttet, nicht geftampft werden kann, ein Uebermafs von Mörtel nöthig oder wenigftens angezeigt, das nach *Tetmajer* + 5 Procent, nach *R. Dyckerhoff* aber 15 Procent betragen foll. Für fatten Beton oder Normalbeton rechnet man defshalb 40 bis 50 Procent Mörtel.

Vom Einfluffe des Sandes auf die Feftigkeit und Ausgiebigkeit des Mörtels ift fchon in Art. 78 (S. 130) die Rede gewefen. Sowohl die Korngröfse, als die Kornform können bei gleichem Bindemittel die Feftigkeiten um 100 Procent und mehr ändern. Als Beleg hierfür feien noch die Verfuche von *Suchier* hierüber angeführt.

Portland-Cementmörtel mit 3 Gewichtstheilen Sand nach 28 Tagen ergab

1) bezüglich der Korngröfse:	Feiner Staubfand (Sandftaub)	10 kg	für 1 qcm
	Grobkörniger Staubfand (Streufand) . .	12 »	» »
	Feinfand (Verputzfand)	14 »	» »
	Normalfand	16 »	» »
	Gewöhnlicher Grubenfand, in allen Korngröfsen gemifcht	19 »	» »
	Flufsfand (fcharf und grobkörnig) . .	21 »	» »
	Kiesfand (in Erbfengröfse)	23 »	» »
	Pochkies (fehr fcharf und rein) . . .	29 »	» »
2) bezüglich der Kornform:	Normalfand (fcharf und eckig) . . .	16 »	» »
	Gewöhnlicher Maurerfand (rundkörnig)	12 »	» »
	Schieferfand (weich)	8 »	» »

Aufser der Befchaffenheit des Sandes hat natürlich die Menge deffelben den gröfsten Einfluss auf die Mörtelfeftigkeit. Es ift auch thatfächlich durch viele Verfuche nachgewiefen, dafs die Feftigkeit mit dem Procentgehalt des Mörtels an Bindemittel im geraden oder mit dem Procentgehalt des Mörtels an Sand im umgekehrten Verhältnifs fteht. Dafs diefe nahe liegende Function nicht offenkundig ift, liegt nur daran, dafs die Praxis nicht mit Procentverhältniffen zu rechnen gewohnt ift, fondern das Bindemittel als Einheit der Mifchung anfetzt und den Sand als wechfelnd im Sinne eines Divifors ftatt eines Summanden fchreibt[90]).

[90]) Siehe: Hauenschild. Neue Aufgaben für künftige Conferenzen. Thonind.-Ztg. 1891, S. 908.

Von der Feſtigkeit des verwendeten Mörtels hängt naturgemäſs auch die Feſtigkeit des Betons ab; indeſs iſt ſie meiſt gröſser, als die Mörtelfeſtigkeit an ſich.

Je nach der Beanſpruchung der Beton-Conſtruction 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:

Cement + Sand + Kies = 1 + 2 + 5; 1 + 3 + 6,5; 1 + 4 + 8,5 und 1 + 6 + 12.

166. Grundſätze für die Betonmiſchung.

Dieſe Miſchungsverhältniſſe ſind von *R. Dyckerhoff* mit Rheinkies von 5 bis 30 mm Korngröſse und 35 Procent Zwiſchenräumen gefunden worden. Je nach den Hohlraum-Procenten wird die Mörtelmenge in der Praxis ſtets ſchwanken; im Allgemeinen aber gilt als praktiſche Regel:

1) Satter Beton wird erhalten, wenn man den Kiesantheil etwa doppelt ſo groſs nimmt, als den Sandantheil, wobei man aber bei Materialien mit gröſserem Hohlraum den Antheil an Kies entſprechend verringern muſs. Aus den Grundſätzen der Verkittung ſind auch die folgenden Regeln zu erklären:

2) Die Feſtigkeit von Beton wird weſentlich beeinträchtigt, wenn man bloſs reinen Cement und Kies nimmt, anſtatt dem Cement entſprechenden Sandzuſatz zu geben, weil die innere Reibung durch Mangel an genügendem Bindeſtoff vermindert iſt.

3) Ein Beton, welcher eben ſatt aus Cementmörtel und Kies hergeſtellt iſt, beſitzt mindeſtens dieſelbe Feſtigkeit, wie der Cementmörtel für ſich, gleiche Beſtandtheile 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 Cement + 4 Sand geben 5 Theile Kies nur um 4,9 kg Feſtigkeit mehr als $8\frac{1}{2}$ Theile 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 Cement + 3 Sand beträgt die Steigerung 30 Procent, bei 1 + 4 beläuft ſich dieſelbe auf 40 Procent, bei Cement-Kalkmörtel von 1 + 1 + 6 ſogar auf 85 Procent.

Nachfolgende Tabellen ſeien als Belege für die Stichhaltigkeit dieſer Regeln angeführt. *Dyckerhoff* fand nach 28 Tagen Waſſererhärtung für Portland-Cement-Beton folgende Ergebniſſe:

Miſchungsverhältniſſe in Raumtheilen				Druckfeſtigkeit	Miſchungsverhältniſſe in Raumtheilen				Druckfeſtigkeit
Cement	Kalkteig	Sand	Kies		Cement	Kalkteig	Sand	Kies	
1	—	2	—	151,8	1	—	3	$6\frac{1}{2}$	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	$8\frac{1}{2}$	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 Verſuchsſtation der Reichseiſenbahnen in Straſsburg hat mit Betonmiſchungen ſehr intereſſante Verſuche vorgenommen; hierbei wurde auch die Ausbeute erhoben, und nach 7 Monaten ſind folgende Ergebniſſe erzielt worden:

Miſchungsverhältniſs			Ausbeute	Erforderlich zu 1 cbm Beton	Druckfeſtigkeit
Cement	Sand	Kies			
1	3	6	6,65	210	140,0
1	4	8	8,85	158	121,2
1	5	10	11,25	125	94,1
1	6	12	13,45	104	96,8
und 1 Kalkteig				Kilogramm Cement und 75 l Kalkteig	Kilogr. für 1 qcm
Hektoliter					

Der Sand war Rheinſand, durch ein Sieb von 5 mm Maſchenweite geſiebt; der Kies war Rheinkies von 5 bis 45 mm Korngröſse.

Miſchungsverhältniſs			Ausbeute	Erforderlich zu 1 cbm Beton	Druckfeſtigkeit
Cement	Kiesſand	Steinſchlag			
1	5	8 Baſalt-	9,80	142,5	147,9
1	6	10 Kalkſtein-	11,45	122,0	121,0
1	7	11 Sandſtein-	12,55	112,0	83,0
1	8	13 Sandſtein-	14,80	94,0	91,2
und 1 Kalkteig				Kilogramm Cement und 66 l Kalkteig	Kilogr. für 1 qcm
Hektoliter					

Der Kiesſand beſtand aus gleichen Theilen Sand und Kies bis zu 18 mm Korngröſse.

167. Ausgiebigkeit und Gewicht.

Die Ausgiebigkeit der verſchiedenen Betonmiſchungen läſst ſich nach den ſchon im vorhergehenden Kapitel angegebenen Grundſätzen entweder rechneriſch oder durch Verſuche finden.

Nachfolgend ſeien für verſchiedene Miſchungsverhältniſſe und verſchiedene Bindemittel die für 1 cbm fertigen feſt geſtampften Beton nöthigen Mengen Bindemittel angeführt. *Tetmajer* fand für ſog. Normalbeton aus Gewichtstheilen 1 Cement + 1,81 Sand + 4,41 Kies als Materialbedarf für 1 cbm Beton: 294 kg Cement, 394 l Sand und 920 l Kies.

Hauenſchild fand bei den gebräuchlichſten Betonmiſchungen mit verſchiedenen Bindemitteln folgenden Bedarf an Bindemittel:

Cement	Sand	Kies	Portland-Cement	Roman-Cement	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	—	—
Raumtheile			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 Steinſchlag von ſehr feſten natürlichen Steinen ca. 2200 bis 2500 kg, aus Steinſchlag von weniger feſten natürlichen Steinen 1800 bis 2100 kg und aus Backſteinbrocken 1500 bis 1700 kg.

168. Bereitung.

Die Bereitung des Betons geſchieht je nach der Natur der verwendeten Mörtelſtoffe auf verſchiedene Weiſe.

1) Kalk-Piſé 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 vertheilt iſt, ſo miſst man die entſprechende Sandmenge ab, ſchüttet ſie auf den auf einem Holzplateau ausgebreiteten Kalkbrei, rührt, knetet und ſtampft

die Maſſen ſo lange mit einander ab, bis die einzelnen Beſtandtheile 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 Plaſticität, um auch ohne weiteren Waſſerzuſatz einen noch völlig bindenden Mörtel zu geben. Alles überſchüſſige Waſſer ſchadet der Feſtigkeit und Volumbeſtändigkeit, bei Mörteln mit hydrauliſchen Zuſchlägen auch der Hydraulicität, d. h. entweder verdunſtet das Waſſer und läſſt Hohlräume zurück, nachdem die Erhärtung eingetreten iſt, oder es ſchwindet die Maſſe während des Erhärtens und gleichzeitigen Trocknens, oder es bilden bei Waſſerbauten die zwiſchen den gequollenen Mörteltheilchen befindlichen gröſseren Waſſerhüllen Canalnetze, durch welche der Druck des bewegten Waſſers zerſtörend einwirken kann, da die Flächenanziehung nur bei möglichſter Nähe der Mörteltheilchen Widerſtand genug leiſten kann.

Liegt der Fettkalk in Form von Kalkpulver vor, oder handelt es ſich um Verwendung von magerem oder hydrauliſchem Kalk, ſo wird aus dem gemeſſenen Sand, den Steinkohlenſchlacken oder Traſs etc. 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 nöthige Menge Waſſer zugeſchüttet, worauf ſofort der Sand etc. mittels Krücken untermiſcht und ſo lange abgeknetet wird, bis eine völlig gleichartige Maſſe entſteht, die, raſch mit dem gehörig benetzten Steinſchlag vermiſcht, ſofort zur Verwendung gebracht wird.

Am häufigſten jedoch wird die Miſchung des Mörtelpulvers, ſei es nun Staubkalk, zu Staub gelöſchter magerer oder hydrauliſcher Kalk, Roman-Cement oder Portland-Cement mit dem Füllſtoff ſo vorgenommen, daſs beide in trockenem Zuſtande zwei- bis dreimal tüchtig unter einander geſchaufelt werden, dann ringförmig ausgebreitet und in der Mitte die genau bemeſſene Waſſermenge in eine Vertiefung der Miſchung geſchüttet wird, worauf die Miſchung von allen Seiten unter vorſichtiger Verhütung von unegal naſſen Stellen ausgeführt wird. Zuletzt miſcht man die vorher gut unter Waſſer genetzte Menge Kies oder Steinſchlag bei.

2) Bei der Herſtellung von Kalk-Cement-Beton wird entweder dem Kalkbrei die für den Cementzuſatz nöthige Waſſermenge zugeſetzt und in den nun dünnflüſſigen Brei zuerſt der Cement und dann erſt der Sand eingerührt, was Verfaſſer als ſehr bequeme und ſichere Bereitungsweiſe aus eigener Erfahrung beſtätigen kann, oder es wird dem trockenen Gemiſch von Cement und Sand der verdünnte Kalkbrei zugeſetzt. In beiden Fällen iſt zu beachten, daſs hierbei auf 1 Raumtheil Portland-Cement nicht mehr als höchſtens $\frac{1}{2}$ Raumtheil Waſſer genommen werde; ſelbſt mit $\frac{1}{4}$ Raumtheil erzielt man bei ſehr fettem Kalk noch richtige Plaſticität.

Was überhaupt die Waſſermenge anbelangt, welche zuzuſetzen iſt, um die nöthige und genügende Plaſticität zu erzielen, ſo geben die Verſuche, welche vor Aufſtellung der Cement-Normen und nach derſelben ſo vielfach ausgeführt wurden, ganz richtig das Erfahrungsergebniſs, daſs für jeden Cement, bezw. für jede Art von Zuſammenſetzung, von Brandintenſität und Mahlung ein Gröſstwerth von Dichtigkeit und damit Feſtigkeit mit einer beſtimmten Waſſermenge, gleiche Sandmenge und gleiche Sandqualität vorausgeſetzt, beſteht, welcher für Portland-Cement zwiſchen 40 und 45 Gewichts-Procente Waſſer auf reinen Cement bezogen, bei Roman-Cement zwiſchen 45 und 52 Procent ſchwankt, als Miſchung 3 Gewichtstheile Normalſand genommen.

Bei hydrauliſchem und bei magerem Kalk gelten die gleichen Grundſätze, und es gehen hier die Grenzen des richtigen Waſſerzuſatzes von 50 bis 80 Procent, da mit ſteigendem Kalkgehalt ſchon zur Hydratbildung mehr Waſſer benöthigt wird.

Man möge ja nicht ängſtlich ſein, daſs dieſe Waſſerzuſätze 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 nöthigen Platz fehlt, ſo wird die unmittelbare Betonbereitung 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 raſch bindendem Cement 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 Betonerzeugung und 3 Minuten Zeitdauer	bei vorangehender Mörtelerzeugung und 6 Minuten Zeitdauer	bei vorangehender Mörtelerzeugung und 15 Minuten Zeitdauer
237 kg	277 kg	288 kg

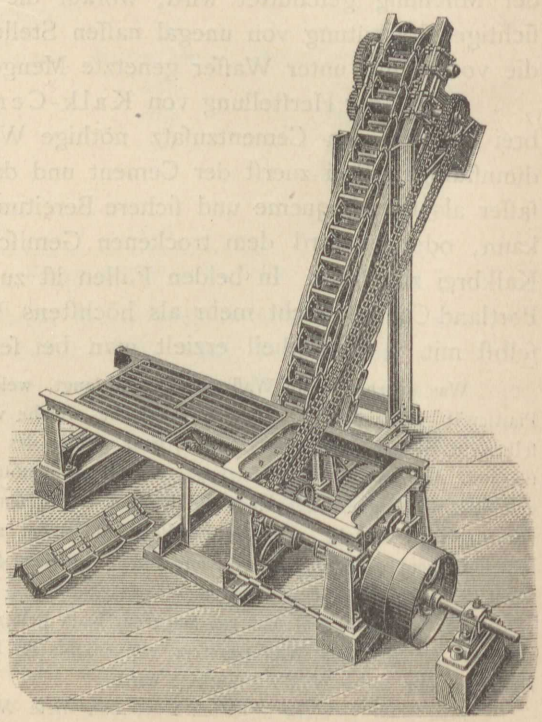
Druckfeſtigkeit für 1 qcm.

169. Betonmaſchinen.

Bei allen umfangreicheren Betonarbeiten werden behufs Erzielung innigſter Miſchung bei möglichſt beſchränktem Waſſerzuſatz Mörtelmaſchinen verwendet von Conſtructionen, wie ſie im vorhergehenden Kapitel beſchrieben wurden. In dieſen wird nur der eigentliche Mörtel bereitet. Der Kies für ſich wird zuerſt wohl genetzt und richtig abgemeſſen. Das Benetzen iſt deſshalb unumgänglich nothwendig, weil die Verkittung nur bei völlig gleichmäſsiger Poroſität der Füllſtoffe ſtattfindet und ſonach ein vollſtändiges Abſpülen aller am Kies, Steinſchlag etc. haftenden lehmigen, ſchlammigen und erdigen Theilchen 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 rotirenden Trommeln, die das Ueberſtürzen des Gemiſches unter Fortbewegen nach dem anderen Ende der Trommel bewirken ſollen und entweder unterbrochen oder ſtetig arbeiten. Zu einer Maſchine vereinigt ſind zwei mit Rechen und Schaufeln verſehene Trommeln bei der Betonmaſchine von *Schlickeyſen* (Fig. 23). Beide feſt ſtehende Trommeln ſind oben aufgeſchlitzt und mit Roſten verſehen, welche das Hineingerathen zu groſser Stücke verhindern, und mengen nach dem Grundgedanken der Thonſchneider die Beſtandtheile energiſch und innig durch einander.

Fig. 23.



Betonmaſchine von *Schlickeyſen* in Berlin.

Solche Betonmaſchinen werden bis 24 cbm Leiſtung in der Stunde geliefert und haben ſich vielfach bewährt.

Kleinere Beton-Miſchmaſchinen für Handbetrieb werden von *Gauhe, Gockel & Cie.* in Oberlahnſtein [91]) und von *Kunz* in Kempten gebaut und vielfach verwendet. In England ſtehen die Betonmaſchinen von *Latham, Carey & Meſſeut* [92]) im Gebrauche, die alle nach dem Syſtem der rotirenden Trommeln conſtruirt ſind und ſich nur in der Form, Gröſse und Lagerung der Trommeln unterſcheiden.

Die Ausführung der Betonirungen ſei hier nur vom Standpunkte der richtigen Verwendung des Materials behandelt, da die Einzelheiten der hierbei in Verwendung kommenden Formkaſten, Rüſtungen etc. in Theil III (Hochbau-Conſtructionen) dieſes »Handbuches« gehören.

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. Deſshalb ſollte man keine dickeren Schichten, als ſolche von 8 bis 10 cm auftragen.

Ferner ſoll man die Bildung von Schichten, die unter einander nicht ſo ſtark, als durch 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 nöthig, ſo muſs vor Weiterführung der Arbeit die Oberfläche der bereits fertig geſtampften Maſſe, wenn ſie durch erneutes Stampfen nicht mehr plaſtiſch wird, mit einem eiſernen Rechen aufgekratzt und dann eingeſtampft werden, worauf erſt die neue Betonmaſſe aufgebracht und geſtampft wird. Iſt die Unterbrechung ſo lange geweſen, 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 Fläche mit etwas fetterem Mörtel abgerieben, worauf erſt die neue Betonlage aufgetragen wird.

Dieſes Verfahren muſs aber ſtrenge eingehalten werden; dann geſchieht nie eine Unterbrechung des Zuſammenhanges, und das Gelingen der Arbeit iſt ſtets geſichert.

2) Bei Betonirungen im Waſſer handelt es ſich vor Allem darum, die nie ganz zu umgehende Abſchwemmung, bezw. Ausſpülung eines Theiles des Mörtelſtoffes möglichſt zu vermindern. Deſshalb ſind möglichſte Trockenheit des wohl vorbereiteten Mörtels, etwas fettere Miſchung und beſonders Vermeidung von Strom- und Wirbelwirkung innerhalb des auszubetonirenden 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 Theil III, Bd. 1 (Abth. II, Abſchn. 2, Kap. 3, a: Beton-Fundamente) dieſes »Handbuches« die Rede ſein.

Im Grundbau, wie an der eben angezogenen Stelle noch des Näheren gezeigt

91) Siehe: Deutſcher Steinbildhauer 1893, Nr. 23.

92) Siehe: Deutſche Bauz. 1875, S. 153.

werden wird, ſpielt der Beton eine wichtige Rolle. Allein auch bei Conſtructionen über Tag iſt die Beton-Bauweiſe in vielen Fällen zweifellos geradezu unentbehrlich; es unterliegt aber auch 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 unfachgemäſse Ausführung, ſo wie die wahlloſe Verwendung ungeprüfter Bindeſtoffe 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 Decken-Conſtructionen zwiſchen eiſernen Trägern, für Eſtriche, Treppenſtufen etc. ein ausgezeichnetes und häufig auch billiges Material abgiebt, iſt durch viele Erfahrungen bewieſen. Es wird Gegenſtand mehrerer Kapitel von Theil III des vorliegenden »Handbuches« (insbeſondere Abth. III, Abſchn. 1, Kap. über »Mauern in Guſs- und Erdmaſſen«, ſo wie 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 Beton-Monolithen durchſchnittlich viel billiger kommt, als die Herſtellung von einzelnen Betonſteinen, aus denen Mauern aufgeführt werden ſollen, ſo iſt doch beſonders bei Kalk-Beton das letztere Verfahren wegen der langſamen Erhärtung vorzuziehen.

Die Herſtellung groſser Betonblöcke für Hafenbauzwecke iſt bekannt, und es wurden Monolithe bis zu 100 cbm Inhalt hergeſtellt. Für den Hochbau jedoch hat nur die Herſtellung von Canälen aus Beton, von Eſtrichen, von kleineren Quadern, Treppenſtufen, Säulen, Ornamenten etc. aus Beton Bedeutung. Wir haben hierüber bereits im vorhergehenden Kapitel geſprochen, und es erübrigt hier nur noch aufmerkſam zu machen, daſs Canäle beſſer aus einem Stück an Ort und Stelle mittels verſchiebbarer Formen hergeſtellt werden, und daſs Eſtriche vortheilhaft in 2 bis 4 qm groſse Platten getheilt werden, welche nach *Schillinger* durch Anwendung elaſtiſcher Theerpappe Fugen erhalten, wodurch ſie vor Sprüngen in Folge Ausdehnung durch die Wärme oder in Folge von Setzungen beſſer geſchützt ſind.

Schlieſslich ſei noch erwähnt, daſs das Vorurtheil, als ſeien Betonhäuſer in Folge des Materials nothwendig feucht, nicht gerechtfertigt iſt, vorausgeſetzt, daſs nicht zu fetter Mörtel verwendet wurde; denn nach *Lang* beträgt die Poroſität des Betons 19 Procent und von Kalkſandſteinen gar 56 Procent. 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 Oeſterreich 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 »Beton-Bereitung«.

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.

Reid, 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. Haarmann's Zeitſchr. 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 feuerſicherer, geſunder 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 Hochofenſchlacke zur Betonbereitung. Zeitſchr. 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.

Mahiels, A. *Le béton et ſon emploi.* Lüttich 1893.

Sutcliffe, G. L. *Concrete: its nature and uſes.* London 1893.

5. Kapitel.

Holz.

Von Dr. W. F. Exner und G. Lauboeck.

a) Allgemeines.

170. Holz als Bauſtoff.

Das Holz iſt vermöge ſeiner techniſchen Eigenſchaften zur Verwendung als Bauſtoff in vielen Fällen ausſchlieſslich, in vielen anderen hervorragend geeignet, da es eine hohe Elaſticität und groſse Feſtigkeit beſitzt, beſonders in der Richtung, welche zur Axe 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, daſſelbe mit geringen Koſten und in verhältniſsmäſsig kurzer Zeit in jede gewünſchte Geſtalt überzuführen. Die durch die Verbindung der einzelnen Conſtructionstheile unter einander bedingte Form kann demnach überaus leicht hergeſtellt werden, und deſshalb iſt das Holz faſt für jede conſtructive Aufgabe zuläſſig.

Ein weiterer Vorzug des Holzes beſteht darin, daſs es für eine Reihe von ſog. Vollendungsarbeiten des inneren Ausbaues in hohem Maſse geeignet iſt, wodurch die verſchiedenſten decorativen 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 gegenüber zu ſtellen, welche den Werth des Holzes für die in Rede ſtehenden Zwecke weſentlich herabdrücken.

Das Holz verändert, beſonders in den auf die Axe 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 Conſtructionstheile aus Holz in Folge verſchiedener Einflüſſe zu ändern,

bildet einen kaum zu bekämpfenden Uebelſtand. Das Holz »ſchwindet« und »quillt« unter den Einflüſſen wechſelnder Trockenheit und Feuchtigkeit, ſo lange es ſeine Elaſticität und Feſtigkeit in dem urſprünglichen Maſse behauptet, und es iſt daher das Aufhören der Volumsänderung (das Arbeiten des Holzes) ein ungünſtiges Symptom für den Werth des Materials.

Die Dauerhaftigkeit des Holzes wird unter gewiſſen Umſtänden ſehr beeinträchtigt. Die Bildung von Pilzen, der Angriff des Holzes durch Thiere niederer Ordnung und verſchiedener Art, endlich der ſog. Hausſchwamm zerſtören das Holz in verhältniſsmäſsig kurzer Zeit und berauben es ſeiner Befähigung, weiter als Conſtructionstheil 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.

171. Eigenſchaften.

Schon im Vorhergehenden wurde auf die Haupteigenſchaften des Holzes hingewieſen; nunmehr ſollen dieſelben etwas eingehender erörtert werden.

172. Anatomiſcher Bau.

1) Anatomiſcher Bau. Die innere Organiſation des Holzes wird durch die drei rechtwinkelig auf einander geführten Schnitte, und zwar: α) ſenkrecht auf die Längsaxe, β) durch die Längsaxe oder γ) parallel zur Längsaxe 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 verſchieden 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. 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 Hauptſchnittrichtungen zeigt das Holz ein anderes, für die Holzart charakteriſtiſches Ausſehen, indem die zur Herbſtzeit gebildeten dunkleren Theile der Jahresringe ſich von den während des Frühjahres und der erſten Sommerzeit gebildeten Theilen derſelben ſichtbar 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 Theile 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 vertheilt; ſie ſind mit Luft gefüllt. Sind die Poren über den ganzen Jahresring gleichmäſsig vertheilt, ſo heiſsen dieſe Bäume »zerſtreutporig«, wie z. B. Ahorn, Buche, Birke etc. Bilden die Poren aber Ringe oder Bänder am Beginne des Jahresringes, ſo heiſsen ſolche Bäume »ringporig«; dahin gehören Eiche, Eſche, Ulme etc.

Die lebensthätigſten 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 etc. Bei vielen Holzarten aber rückt der Saft allmählich aus der Mitte des Baumes nach den jüngeren

Schichten gegen aufsen. Behält das Innere feine bisherige Farbe und wird nur trockener, fo fpricht 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, fo nennt man diefelben »Kernholzbäume«. Das Wachsthum des Holzes erfolgt von innen nach aufsen und nicht, wie man häufig hört, umgekehrt. Bezüglich der Breite der Jahresringe führt *Nördlinger* [93]) Folgendes an: »Bei den ringporigen Laubholzarten fteht innerhalb einer gewiffen Grenze die Güte des Holzes häufig im Verhältnifs zur Breite der Holzringe, weil an breiteren Ringen das feftere Sommerholz gröfsere Entwickelung nimmt. Der fchmalringige Splint von Eichen, Efchen und Ulmen dagegen ift vor lauter Porenkreifen oft gänzlich unbrauchbar. Bei den Nadelhölzern aber haben die breiteren Ringe, fo fern fie nicht von freiem Stande herrühren, vorzugsweife fchwammiges Frühlingsholz. Defshalb nimmt bei ihnen mit dem Schmalerwerden der Ringe gegen aufsen der Werth des Holzes zu.«

173. Farbe.

2) Farbe. Die Farbe des Holzes ift eine für jede Holzart mehr oder minder charakteriftifche; ein Abweichen von der normalen Farbe kann in der Regel als eine für die übrigen Eigenfchaften des Holzes ungünftige Erfcheinung aufgefafft werden. Die Farbe des Holzes hat für die Architektur felbftverftändlich immer dann eine Wichtigkeit, wenn das Holz ohne einen die Naturfarbe deckenden Ueberzug zur Verwendung gelangt. Häufig wird der Farbe des Holzes blofs ein wärmerer Ton oder eine tiefere oder lichtere Nuance verliehen in der Weife, dafs das Holz durch Auftragen eines durchfichtigen Stoffes auf der Oberfläche überkleidet wird. Eine folche das Holz gegen den unmittelbaren Einflufs der Atmofphärilien fchützende Schicht wird, wenn das Holz an der Aufsenfeite der Gebäude zur Verwendung gelangt, nur in feltenen Fällen entbehrt werden können.

Da die Hölzer nicht immer von Natur aus in den gewünfchten Farbtönen erfcheinen, fo werden häufig technifche Verfahrungsweifen zu Hilfe genommen, um die natürliche Farbenwirkung des Holzes zu erhöhen oder vollftändig zu verändern, wie dies durch das Beizen, Färben an der Oberfläche oder durch das Dämpfen und Durchtränken durch den ganzen Holzkörper hindurch erreicht wird [94]).

Bezüglich der Bedeutung der Farbe als Kennzeichen für die Befchaffenheit des Holzes hat man zu unterfcheiden:

α) die Farbe des frifch gefällten Holzes von jener, welche etwas fpäter erfcheint und von jener, welche fich ausfchliefslich am vollftändig trockenen Holze zeigt;

β) man hat zu beobachten den Unterfchied zwifchen der Farbe des Splint- und Kernholzes an fich und in den unter α bezeichneten Fällen.

Faft alle Hölzer dunkeln unter dem Einfluffe der Atmofphärilien und des Sonnenlichtes nach. Auffällige Erfcheinungen in der Veränderung der Farbe find das Grauwerden der Dachfchindeln und das Auftreten einer tief rothbraunen Färbung beim Nadelholz an der Aufsenfeite von Gebäuden in folchen Gegenden, welche reich an Niederfchlägen find, fo insbefondere in den Alpenländern, in der Nähe von Gebirgsfeen u. f. w. Diefes Braunwerden der Hölzer giebt den Gebäuden ein überaus malerifches Ausfehen, hat aber felbftverftändlich keine technifche Wichtigkeit. Lebhaftigkeit und Gleichmäfsigkeit der Holzfarbe, in Verbindung mit rafchem Abtrocknen

93) In: Die gewerblichen Eigenfchaften der Hölzer. Stuttgart 1890.

94) Siehe: Andés, L. E. Die technifchen Vollendungs-Arbeiten der Holzinduftrie, das Schleifen, Beizen, Poliren, Lackiren, Anftreichen und Vergolden des Holzes etc. Wien, Peft, Leipzig 1884.

des Kernes, ſind, beſonders bei Eichenhölzern, Zeichen der Geſundheit, unfreundlich braune Grünholzfarbe ein Zeichen für geringes, brüchiges Eichenholz. Blaurothe Farbe iſt bei der Eiche nicht immer, aber doch meiſtens ein Merkmal eingetretener Zerſetzung.

174. 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 deſshalb dieſe Flächen auch Spiegelflächen und das nach den Spiegelflächen ausgeformte Holz Spaltholz oder Spiegelholz. Bekanntlich zeichnen ſich die Spaltflächen des Ahornholzes und der Eſche durch hohen Glanz aus.

Erſcheinen die Markſtrahlen als verhältniſsmäſsig groſse Körper auf der Spaltfläche des Holzes, ſo glänzen ſie für ſich, und es iſt dann nicht die ganze Spaltfläche, welche ſpiegelartig das Licht reflectirt; vielmehr ſind dem freien Auge nur die platten Seiten der Markſtrahlen ſehr auffällig, welche ſpiegeln oder glänzen. Ein Beiſpiel hierfür bildet die Rothbuche, 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 Rothbuchenholzes aufgefaſſt werden kann.

Bei gewiſſen Hölzern bildet der Glanz der Spiegelfaſern ein Moment, welches für die Werthſchätzung des Holzes ausſchlaggebend iſt; ſo brilliren der Ahornmaſer und das ungariſche Eſchenholz an den geebneten Flächen durch den Glanz der zu Tage tretenden Spiegelfaſern in gleich hohem Maſse, wie bei gewiſſen Seidenſtoffen, dem Moirée.

175. 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 iſt dabei weniger entſcheidend. Ein Holz kann groſszellig, demnach weich, aber dennoch ſehr fein ſein (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 Wachsthumsverhältniſſe in ihrem Grade modificirt 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 ſcharfe 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 u. ſ. w.

176. Textur. 5) Textur, Zeichnung, Flader und Maſer. Der Ausdruck Textur (Gefüge) des Holzes iſt gleichbedeutend mit Structur und bedeutet das anatomiſche Gefüge des Holzes. Bei den zur Axe 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 Frühjahrsſchicht 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 Holzſtämme.

Iſt das Holz normal erwachſen oder »ſchlicht«, ſo heiſst die Zeichnung des Holzes der Flader. Die durch unregelmäſsiges Wachsthum entſtehenden Holzbildungen nennt man wimmerig oder maſerig und die durch daſſelbe bedingte Zeichnung der Schnittflächen Maſer. Der wimmerige Wuchs iſt ſtrenge genommen ein Fehler des Holzes und gilt auch als ſolcher bei Bauholz und bei Schnittwaare. Der Maſerwuchs entſteht am häufigſten durch exceſſive Bildung von Knoſpen, wohl auch durch Schmarotzer und in Folge von Verletzungen durch Inſecten etc. Der maſerige oder wimmerige Wuchs des Holzes iſt für manche Bauzwecke eben ſo, wie der ſchöne Flader beſonders geſchätzt. Für Möbel, Täfelungen, Decken etc. verwendet man mit Vorliebe maſeriges Holz, um erhöhte, wirkungsvolle Motive zu erreichen. Jedermann iſt das herrliche »ungariſche Eſchenholz« als Maſerholz bekannt; ferner finden wir im Nuſsholz die ſchönſten Maſerblöcke, und auch die Wurzeln von Buchs, Erlen, Birken etc. zeigen auserleſenen Maſerwuchs.

177. Geruch.

6) Geruch. Jedes Holz hat im grünen, friſchen Zuſtande einen eigenthümlichen Geruch, der mitunter ſehr kräftig und für das Holz charakteriſtiſch iſt. Bei 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 Werth. Die Nadelhölzer, welche Terpentin enthalten, zeigen einen auffälligen, mitunter köſtlichen Geruch, ſo z. B. Cedern- und Wachholderholz; auch das Zirbenholz hat einen edlen, beſtechenden Geruch. Der bei den Laubhölzern häufig auftretende Gehalt an Gerbſtoff verleiht manchen Holzarten einen auffallenden Geruch nach Gerberlohe, und es wird dieſer Geruch ſogar als ein Kennzeichen der guten Qualität des Eichenholzes angeführt.

178. Eigengewicht.

7) Eigengewicht. Genauere Einſicht in das Gewichtsverhältniſs der Hölzer iſt in ſo fern 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 ca. 45 Procent Waſſergehalt, wie es der Baum beim Fällen giebt, und das Lufttrockengewicht, wie es durch längeres Aufbewahren des Holzes unter Dach in trockenen Räumen bei noch ca. 10 bis 15 Procent Waſſergehalt erſcheint. Holz, welches bei 110 Grad C. getrocknet wurde, heiſst »künſtlich getrocknetes, gedarrtes 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- (ſpecifiſches) Gewicht, welches gröſser als 1 iſt. Unſere heimiſchen Holzarten haben im lufttrockenen Zuſtande eine Dichte, welche zwiſchen 0,44 und 0,88 ſchwankt[95]).

179. Waſſergehalt. 8) Waſſergehalt. Das grüne oder friſche Holz enthält beiläufig zur Hälfte ſeines Gewichtes Waſſer. Das Waſſer, welches im grünen Holze enthalten iſt, füllt die Zellenräume zum groſsen Theile aus und durchdringt die Zellenwände. Nach dem Fällen des Holzes beginnt ſofort eine Waſſerabgabe an die atmoſphäriſche Luft, welche quantitativ ſtets abnimmt. Das Imbibitions-Waſſer verdunſtet, und das Holz iſt lufttrocken geworden. Dieſes im lufttrockenen Holze enthaltene Waſſer wird hygroſkopiſches Waſſer genannt. Letzteres kann nur im Wege des künſtlichen Trocknens aus dem Holze 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 Baumtheil etc. wechſelt. So wie der Gehalt an hygroſkopiſchem Waſſer in lufttrockenem Zuſtande ab- und zunimmt, ſo kann man dem Holze auch den geſammten Waſſergehalt, den es beim Uebergang 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 Procent. Nadelhölzer halten das hygroſkopiſche Waſſer länger, als Laubhölzer. Im Durchſchnitt enthalten lufttrockene Laubhölzer 8 Procent, unter den gleichen Umſtänden getrocknete Nadelhölzer 10 Procent Waſſer.

180. Schwinden und Quellen. 9) Schwinden und Quellen. Der nach und nach austrocknende Saft des Holzes begründet im Verein mit der Faſerſtructur deſſelben die Erſcheinungen 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 Theilen 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 Maſsſtabe bei demſelben Holze und unter ſich gleich bleibenden Verhältniſſen auf, je nach der Richtung, die der Beobachtung zu Grunde liegt. Im Allgemeinen ſchwinden und quellen die Hölzer nach der Richtung der Längsaxe des Baumes in ſo geringem Maſse, daſs daſſelbe beim Entwerfen von Bau-Conſtructionen 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 Procent, in der Sehnenrichtung dagegen durchſchnittlich 8 Procent und in radialer Richtung im Mittel 4 Procent.

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

[95]) Die Einheitsgewichte der Hölzer ſind unter b zu finden.

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 Theil des Splintes, der am meiſten ſchwindet und daher zum Reiſsen neigt, entfernt iſt. Die Strahlenriſſe theilen in der Regel den quadratiſchen Querſchnitt des Stammes in faſt gleiche Theile. 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 Auſsenmaſse 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 Holz-Conſtructionen, muſs auf das Schwinden und Quellen des Holzes Rückſicht genommen werden; es muſs darauf geſehen werden, daſs das Holz ungehindert in allen ſeinen Theilen »arbeiten« kann; ſo z. B. bei Thürfüllungen, Rahmenwerken, Fenſter- und Thürgewänden etc. Die Behandlung des Holzes vor, während und nach dem Fällen, das gänzliche oder theilweiſe Entrinden, das allmähliche Vorgehen beim Entrinden, verſchiedene Maſsregeln zur Verlangſamung des Trockenvorganges, namentlich an den Hirnflächen etc., bilden das Verfahren, um das »ſich Werfen« und »Reiſsen« des Holzes zu vermindern oder bis zu einem gewiſſen Grade unſchädlich zu machen.

10) Elaſticität. Die Elaſticität wird wie bei den anderen Bauſtoffen einerſeits durch die Elaſticitätsziffer (Elaſticitäts-Modul oder -Coefficient), andererſeits durch die Elaſticitätsgrenze beurtheilt werden können. Auch beim Holze iſt eine hohe Elaſticität von ausſchlaggebender Bedeutung für ſeine Verwendbarkeit als Conſtructions-Material. 181. Elaſticität.

Das Holz zeigt verſchieden groſse Elaſticitäten je nach der Richtung, in welcher daſſelbe in Anſpruch genommen wird; es beſitzt alſo eine verſchiedene Elaſticitätsziffer und eine verſchiedene Elaſticitätsgrenze, 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 Elaſticität 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 Elaſticitätsverhältniſſe der verſchiedenen Holzarten gemacht werden. Hier ſei nur erwähnt, daſs die Elaſticitätsziffer 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 Elaſticitätsgrenze hat der Waſſergehalt einen groſsen Einfluſs; ſie iſt um ſo gröſser, je geringer der letztere iſt. Bei ſtark gedörrtem Holze liegt die Elaſticitätsgrenze ſogar in der Nähe der Bruchgrenze. Nach Verſuchen beträgt die

Elaſticitätsgrenze für Zug 0,20 bis 0,59, im Mittel 0,27 t für 1 qcm, für Druck durchſchnittlich das 0,44-fache hiervon.

182. Tragfähigkeit und Feſtigkeit.

11) Tragfähigkeit und Feſtigkeit. Der Tragmodul, die Spannung des Holzes bis zur Elaſticitätsgrenze, auf das Quadratcentimeter jener Querſchnittsfläche bezogen, welche ſenkrecht zur Kraftrichtung durch den Holzkörper gelegt wird, bildet das Maſs der Tragfähigkeit. Da im Vorangehenden dargethan wurde, daſs die Elaſticitätsgrenze in demſelben Holzkörper ſich mit der Richtung der Kraft in Bezug auf die Axe 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 Werthe in die ſtatiſchen Berechnungen einzuführen, weil erſtens die Angaben, welche von verſchiedenen Verfaſſern für den Tragmodul aufgeſtellt werden, ſehr ſtark von einander 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 die Structur, Dichte, kurz alle mechaniſch-techniſchen Eigenſchaften, alſo auch die Tragfähigkeit, durch die Verſchiedenheit von Boden, Standort (Expoſition), Klima, forſtliche Bewirthſchaftungsart, Fällungszeit, Transportart etc. etc. veränderlich werden. Man unterſcheidet demnach die praktiſche Tragfähigkeit von der theoretiſchen, und es hat bekanntlich die erſtere nur einen aliquoten Theil der letzteren zu bilden. Hiervon, im Weſentlichen alſo von der Wahl des ſog. Sicherheitsgrades, wird in der nächſten Abtheilung (Statik der Hochbau-Conſtructionen) 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 (-Coefficient) zu beſtimmen; denn in der Ermittelung der letzteren beſteht eine noch gröſsere Unſicherheit; die Angaben über die Bruchziffer weichen noch mehr von einander ab, als jene über den Tragmodul; die experimentelle Ermittelung 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 Holzfaſer, ſo wollen wir dies Querzugfeſtigkeit nennen.

Druck- und Knickfeſtigkeit beziehen ſich ſtets auf die Beanſpruchung in der Richtung der Holzfaſern, während bei der Biegungsfeſtigkeit, wohl auch Bruchfeſtigkeit genannt, eine Belaſtung ſenkrecht zur Faſerrichtung vorausgeſetzt wird. Die Biegſamkeit des Holzes läſst ſich durch die äuſsere Gröſse der Biegung ausdrücken, welche unter feſt geſetzten Umſtänden ein an ſeinen beiden Enden unterſtützter, in der Mitte ſeiner Länge belaſteter Stab annimmt, bevor er bricht. In dieſem Sinne gebraucht man dafür gewöhnlich den Ausdruck Zähigkeit. Friſches (grünes), durchnäſſtes oder gedämpftes Holz iſt in viel höherem Grade biegſam oder zäh, als trockenes. So fern das Holz nach ſolcher Behandlung die ihm gegebene Form behält, ſpricht man von deſſen Formbarkeit.

In der ſchon mehrfach erwähnten »Denkſchrift über die Einrichtung von Prüfungsanſtalten und Verſuchsſtationen von Baumaterialien, ſo wie über die Einführung einer ſtaatlich anerkannten Claſſification der letzteren« wird eine Claſſification des Bauholzes auf Grundlage ſeiner Biegungsfeſtigkeit verſucht.

Es heiſst daſelbſt: »Als Bauholz wird in weitaus überwiegendem Maſse Fichten- und Föhrenholz verwendet. Deſshalb ſoll vorläufig nur dieſes, mit dem gemeinſamen Namen »weiches Holz« bezeichnete in die Claſſification aufgenommen werden. Die Art der Inanſpruchnahme des Holzes iſt in den meiſten Fällen die Biegung, die auch beim Angriff auf Zerknickung bei Pfoſten, Säulen etc. mit ins Spiel kommt. Deſshalb liegt es nahe, die Claſſification des Bauholzes auf ſeine Biegungsfeſtigkeit zu gründen. Zu dem Zweck werden Probeſtücke mit quadratiſchem oder nahezu quadratiſchem Querſchnitt von ca. 12 cm Seite und von 1,5 m Länge hergeſtellt und abgebrochen, indem ſie, mit beiden Enden frei aufliegend, durch eine in der Mitte concentrirte Kraft mehr und mehr durchgebogen werden. Nach den gewöhnlichen

Biegungsformeln ift hieraus die beim Bruch in den äufserften Fafern ftattfindende Biegungsfpannung oder die Biegungsfeftigkeit zu berechnen.

Qualität I: Minimal-Biegungsfeftigkeit 450 kg für 1 qcm.
Qualität II: Minimal-Biegungsfeftigkeit 300 kg für 1 qcm.«

Die Drehungs- oder Torfionsfeftigkeit braucht bei Bauhölzern nicht weiter berückfichtigt zu werden; daffelbe gilt von der Spaltungsfeftigkeit, d. i. vom Widerftand gegen die Trennung der Fafern durch einen zwifchen fie eindringenden keilförmigen Körper. Wichtiger ift die Schub-, Scher- oder Abfcherungsfeftigkeit und die Härte oder Schnittfeftigkeit. Die letztere ift der Widerftand des Holzes gegen das Eindringen eines Schneidewerkzeuges in daffelbe, wenn die Richtung des Vorgehens nicht parallel zur Faferrichtung ift.

Ueber die Härte oder Schnittfeftigkeit giebt es fehr wenige zuverläffige Angaben; diefelben werden durch die in der Holzbearbeitung fehr geläufigen Angaben über den Grad der Bearbeitungsfähigkeit des Holzes mittels Schneidewerkzeuge erfetzt.

Es bleibt vorbehalten, im Nachftehenden (unter b) bei den verfchiedenen Bauholzarten die fehr abweichenden Feftigkeitsangaben eingehender vorzuführen; an diefer Stelle feien die von *Winkler* angegebenen und für die Praxis meift ausreichenden Mittelwerthe aufgenommen:

Ziffer (Coefficient) der	für Nadelholz	für Eichenholz
Zugfeftigkeit	820	965
Druckfeftigkeit	410	487
Biegungsfeftigkeit — rechteckiger Querfchnitt	615	724
kreisförmiger »	665	784
Abfcherungsfeftigkeit — parallel zu den Fafern	46	86
fenkrecht » » »	125	125
	Kilogr. für 1 qcm	

Die Zufammenftellung der wichtigften Ergebniffe fämmtlicher zuverläffiger Studien über die Elafticitäts- und Feftigkeitseigenfchaften der Hölzer aus jüngerer Zeit würde einen grofsen Werth für die Technik haben, da diefe ihren Berechnungen für Conftructionszwecke dermalen noch immer fehr fragwürdige Angaben zu Grunde legen mufs. Wohl ift nicht zu bezweifeln, dafs eine folche Zufammenftellung den Charakter des zufällig Zufammengekommenen an fich tragen würde. In fo lange nicht Verfuche unter einheitlichen Gefichtspunkten vorgenommen werden, mufs man auf Werthe, welche in Wahrheit als Mittelwerthe den verfchiedenen Holzarten zukommen, verzichten. *Baufchinger* hat hierzu bereits den erften Schritt gethan, und durch feine Anregung wurde auch eine Commiffion eingefetzt, deren Aufgabe war, ein einheitliches Vorgehen der Forfcher auf diefem Gebiete herbeizuführen und die als richtig erkannten Methoden und die ihnen dienenden Hilfsmittel zu verbreiten. Diefe Commiffion hat ein Comité eingefetzt, welches fich im Befonderen mit der Prüfung der mechanifch-technifchen Eigenfchaften der Hölzer befchäftigt [96]).

183. Biegfamkeit und Zähigkeit.

12) Biegfamkeit und Zähigkeit. Die Vorausfetzung für die Anwendung von Biegfamkeit und Zähigkeit ift jene, dafs felbft bei beträchtlichen bleibenden Ausdehnungen oder Zufammendrückungen des Holzes eine Ueberwindung der Cohäfion nicht ftattfindet. Das Holz mufs eine dauernde Formveränderung ohne Herbeiführung eines Bruches zulaffen. Der Gegenfatz von biegfam oder zähe ift brüchig oder fpröde. Ein erhöhter Grad der Biegfamkeit oder Bildfamkeit

[96]) Vergl.: Mittheilungen des Technologifchen Gewerbe-Mufeums in Wien. Section I, Jahrgang VI (1885), Nr. 63.

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 Vorrath 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 weit gehende Anwendung[97]). Im Baufache wird vom Biegen des Holzes kein nennenswerther Gebrauch gemacht, obgleich nicht einzuſehen iſt, warum bis heute krumme Holztheile, wie ſolche für runde Thüren- und Fenſtertheile gebraucht werden, nicht auf dem Wege des Biegens des Holzes erzeugt werden.

184. 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 hoch wichtige Eigenſchaft und bildet die Vorbedingung für die Erzeugung von »Spaltwaaren«, wie Faſsdauben, Weinpfählen, Reſonanzholz-Muſeln, Dachſchindeln u. ſ. w.

185. Härte.

14) Härte. Jenen Widerſtand, welchen ein Körper dem Eindringen eines anderen Körpers in denſelben von aufsen 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; zu den erſteren gehören alle Nadelhölzer und von den Laubhölzern z. B. Linde, Pappel, Erle etc. Zu den harten Hölzern gehören Buche, Ahorn, Eiche, Kaſtanie, Buchs etc.

Die Bauhölzer, welche von der Hand des Zimmermannes bearbeitet werden, ſind vorzugsweiſe weiche Hölzer, wie z. B. Hölzer für Dachſtühle, Deckenbalken etc., während die harten Hölzer mehr für Fenſter, Thüren und Thore, für Treppen etc., überhaupt für den inneren Ausbau, Anwendung finden.

186. Dauer.

15) Dauer. Die Dauer des Holzes hängt von einer Anzahl von Umſtänden ab, unter welchen es erwachſen, gefchlagen und getrocknet verwendet iſt. Neben den techniſchen Eigenſchaften iſt beim Bauholz die Dauerhaftigkeit der wichtigſte Factor für die Beurtheilung des Gebrauchswerthes. *Moeller* ſagt[98]): »Seit Jahrhunderten hat man diesbezüglich einen reichen Schatz von Erfahrungen geſammelt, aus denen man einige im Allgemeinen giltige Geſetze ableitet; aber man iſt bis zum heutigen Tage nicht im Stande, 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 vorauszuſehen, 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

---

97) Siehe: Lauboeck, G. Das Biegen des Holzes. Weimar 1893.

98) In: Die Rohſtoffe des Tiſchler- und Drechslergewerbes. Kaſſel 1883.

zwar: α) die atmoſphäriſchen Einflüſſe und β) jene Schädlichkeiten, welche von den pflanzlichen Schmarotzern herrühren. Die unter α bezeichneten Einflüſſe bewirken die langſame Zerſetzung, 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 erſtickt das Holz, und durch letztere im Verein mit dem Holzſchwamm wird die Fäulniſs 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 Thongrund der Dauer günſtig, nicht aber eine in der Tiefe lagernde Thonſchicht. 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 etc. wird nach kurzer Zeit vom Splintkäfer zermalmt. Ohne Zweifel wird das unter Dach befindliche Kernholz, namentlich an feuchten Oertlichkeiten, 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. Erdgeſchoſſen, Ställen etc., dauern dieſelben Hölzer weniger lang; noch kürzer aber, oft kaum 20 Jahre, da, wo ſie vom Regen getroffen werden. Es ſtellen ſich im Nadelholzſplint (Fichte und Tanne) zugleich Kerſe 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 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, Jahrhunderte [99]).

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. 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. Braunſchweig 1872.

Eassie, P. B. *Wood and its uſes.* Glouceſter 1874.

Dokoupil, V. Die Bauhölzer. Ein Beitrag zur Kenntniſs der Baumaterialien. Biſtritz 1876.

Lange, W. Das Holz als Baumaterial. Holzminden 1879.

Kaessner, B. Der Betriebs-Ingenieur für das Bau- und Fabrikweſen. 2. Theil, 2. Abth.: Gewinnung 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.

99) Siehe auch: Soróкin. Ueber die Fäulniſs der Hölzer. Zeitſchr. f. Bauw. 1883, S. 221.
Hartig, R. Die Zerſtörungen des Bauholzes. Berlin 1885.

Some practical notes on building woods. Building news, Bd. 42, S. 718.
Allgemeine Waarenkunde und Rohſtofflehre. Bd. 3: Die Rohſtoffe des Tiſchler- und Drechslergewerbes. Theil I: Das Holz. Von J. MOELLER. Caſſel 1883.
PRINTZ, E. Die Bau- und Nutzhölzer oder das Holz als Rohmaterial für techniſche und gewerbliche Zwecke, ſowie als Handelswaare. Weimar 1884.
LOREY, T. Handbuch der Forſtwiſſenſchaft. Bd. I, Abth. 2, VIII: Techniſche Eigenſchaften der Hölzer. Von W. F. EXNER. Tübingen 1887.
NÖRDLINGER, H. Die gewerblichen Eigenſchaften der Hölzer. Stuttgart 1890.
Ferner:
Allgemeine Holz-Zeitung. Herausg. von B. KAESSNER. Leipzig. Erſcheint ſeit 1882.
Centralblatt für Holzinduſtrie. Red. v. E. HOFFMANN. Neuſalz a. O. Erſcheint ſeit 1883.

b) Wichtigere Bauhölzer.

Der Begriff »Bauholz« wird ſehr verſchiedenartig aufgefaſſt, und die bautechniſche 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 ausnahmsweiſe 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 Productionsrichtung geringer iſt.

Die ſonſt auch übliche Eintheilung in Nadel- und Laubhölzer wurde beibehalten, da ſie für die Technik der Holz-Conſtructionen von Bedeutung iſt. Die Stämme der Nadelhölzer ſind geradwüchſiger, als jene der Laubhölzer; auch ſind erſtere aſtreiner und verjüngen 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 etc. leichter herſtellen.

1) Nadelhölzer.

187. Fichte.

1) **Fichte** (*Abies excelſa DC.*). Ausſehen: Farbe zwiſchen gelblich-weiſs und röthlich-weiſs, Holz ziemlich grob, etwas glänzend (*Nördlinger*), leichter Harzgeruch. — Einheitsgewicht: Grüngewicht 0,400 bis 1,070 (0,735), lufttrocken 0,350 bis 0,600 (0,475, *Karmarſch*); Mittelwerthe nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,73, lufttrocken 0,47. — Saftgehalt: Bei friſch gefälltem Holze 45,2 Procent des Gewichtes (*Schübler* und *Hartig*). — Schwinden: Nach *Karmarſch* Längenholz 0,076 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,1 bis 2,8 Procent, in der Richtung der Jahresringe 2,0 bis 7,3 Procent, Querholz im Mittel 3,3 Procent; nach *Nördlinger* in der Richtung der Spiegel 1,1 bis 2,0 Procent, in der Richtung der Jahresringe 2,9 bis 7,3 Procent. — Quellen: Waſſeraufnahme bis zur völligen Sättigung in der Richtung der Länge 0,076 Procent, in der Richtung der Spiegel 2,4 Procent, in jener der Jahresringe 6,18 Procent (*Laves*); nach *Weisbach*'s Verſuchen Zunahme in Folge der Durchnäſſung an Volum 4,4 bis 8,6 Procent, an Gewicht 70 bis 166 Procent. — Elaſticität und Feſtigkeit[100]). α) Zug parallel zur Faſer: Elaſticitätsgrenze 0,209 t[101]), Elaſticitätsziffer 90,58 t, Bruchgrenze 370 kg (*Mikolaſchek*); Zugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 746 bis 867 kg, Belaſtung für die Elaſticitätsgrenze 252 kg, die dabei eintretende Verlängerung $^1/_{470}$. β) Druck parallel zur Faſer: Elaſticitätsgrenze 0,18 t, Elaſticitätsziffer 134,6 t, Druckfeſtigkeit 297 kg (*Mikolaſchek*); Mittelwerthe 296 bis 448 kg (*Nördlinger*). γ) Biegung: Elaſticitätsgrenze 0,13 t, Elaſticitätsziffer 70,77 t, Biegungsfeſtigkeit 425 kg (*Mikolaſchek*), Biegſamkeit nach *Karmarſch* (wenn Eiche = 100) 104. δ) Abſcherungsfeſtigkeit: parallel zur Faſer 50 kg, ſenkrecht zur Faſer 260 kg. — Dauer: In beſtändiger Näſſe ſoll (für Eiche = 100) Fichtenholz mit 50, in beſtändiger Trockenheit mit 75 bewerthet werden (*Pfeil*); in Folge des gröſseren Harzgehaltes im Witterungswechſel etwas dauerhafter, als Tannenholz (*Karmarſch*). — Verwendung: Wichtiges Bauholz; beliebtes Blindholz; feines Fichtenholz zu Getäfel.

[100]) Ueber Knickfeſtigkeit der Fichte ſiehe den Aufſatz *Bauſchinger*'s in: Baur. Forſtwiſſenſchaftliches Centralblatt 1879.
[101]) Die Elaſticitäts- und Feſtigkeits-Angaben ſind auf das Quadr.-Centimeter bezogen.

188. Tanne.

2) **Tanne** (*Abies pectinata DC.*). Ausſehen: Farbe zwiſchen gelblich- und röthlich-weiſs, nicht ſo hell und gleichmäſsig, wie Fichtenholz; die franzöſiſche Tanne giebt 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 (0,558); Mittelwerthe (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 Procent des Gewichtes (*Hartig* und *Schübler*). — Schwinden: Entrindet nach dem Halbmeſſer 1,9 Procent, nach der Sehne 2,4 Procent (*Nördlinger*); Längenholz 0,086 bis 0,122 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,7 bis 4,82 Procent, in der Richtung der Jahresringe 4,1 bis 8,13 Procent (*Karmarſch*). — Quellen: Entrindetes Tannenholz nach der Länge 0,104 Procent, dem Halbmeſſer 4,82 Procent, der Sehne 8,13 Procent (*Laves*); aus *Weisbach*'s Verſuchen bei völliger Durchnäſſung eine Volum-Zunahme von 3,6 bis 7,2 Procent, an Gewicht 83 bis 123 Procent. — Elaſticität und Feſtigkeit. α) Zug parallel zur Faſer: Elaſticitätsgrenze 0,167 t, Elaſticitätsziffer 139,65 t, Bruchgrenze 713 kg (*Mikolaſchek*); Mittelwerthe (*Chevandier-Wertheim*) Elaſticitätsgrenze 0,2135 t, Elaſticitätsziffer 111,32 t, Bruchgrenze 418 kg, dieſelbe berechnet für Bohlen 588 kg, für Bretter 650 kg; Belaſtung für die Elaſticitätsgrenze 249 kg, die dabei eintretende Verlängerung 1/500 (*Karmarſch*); Zugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 111 bis 1048 kg, nach *Nördlinger* 1087 kg. β) Querzugfeſtigkeit: Zug im Sinne des Halbmeſſers Elaſticitätsziffer 9,45 t, Bruchgrenze 22 kg; im Sinne der Tangente Elaſticitätsziffer 3,41 t, Bruchgrenze 29,7 kg; Querzugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 12 bis 41 kg. γ) Druck parallel zur Faſer: Elaſticitätsgrenze 0,28 t, Elaſticitätsziffer 172,35 t, Druckfeſtigkeit 312 kg (*Mikolaſchek*), 425 kg (*Nördlinger*). δ) Biegung: Elaſticitätsgrenze 0,143 t, Elaſticitätsziffer 75,545 t, Biegungsfeſtigkeit 430 kg (*Mikolaſchek*); Mittelwerthe nach *Ebbels* und *Tredgold* Elaſticitätsziffer 99,1 t, Feſtigkeit 728,4 kg; ſenkrecht zu den Faſern Elaſticitätsziffer 2,53 t; Biegung ganzer Trumme Elaſticitätsziffer 20,39 bis 119,37 t (*Chevandier-Wertheim*), Vogeſen-Tanne Biegungsfeſtigkeit 510 kg (*Chevandier-Wertheim*), 838 kg (*Nördlinger*). ε) Abſcherungsfeſtigkeit: parallel zur Faſer 30 kg, ſenkrecht zur Faſer 273 kg (*Mikolaſchek*); 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 Fichtenholze nachzuſtehen, denn ſeine Horizontal-Tragkraft verhält ſich nach *Muſchenbroek* zu jener des Fichtenholzes wie 86 : 100, ſeine Elaſticität wie 86 : 95 (*Mathieu*); wegen der leichten Spaltbarkeit beliebtes Material zu Schindeln.

189. Lärche.

3) **Lärche** (*Larix europaea DC.*). Ausſehen: Farbe des verſchieden breiten Splintes gelblich-weiſs, des Kernholzes rothbraun, glänzend. — Einheitsgewicht: Mittelwerthe 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 Procent des Gewichtes (*Schübler* und *Hartig*); Mittelwerth nach *Nördlinger* 25,7 (17,1 bis 45,9) Procent. — Schwinden: Längenſchwindung 0,1 Procent, nach dem Halbmeſſer 2,3 Procent, der Sehne 4,3 Procent (*Nördlinger*); Längenholz 0,013 bis 0,288 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,3 bis 7,3 Procent, in der Richtung der Jahresringe 1,4 bis 7,1 Procent; Querholz im Mittel 4,02 Procent (*Karmarſch*). — Quellen: Bis zur vollſtändigen Sättigung mit Waſſer nach der Länge 0,075 Procent, im Halbmeſſer 2,17 Procent, in der Sehne 6,3 Procent (*Laves*). — Elaſticität und Feſtigkeit. α) Zug parallel der Faſer: Elaſticitätsgrenze 0,172 t, Elaſticitätsziffer 126,2 t, Bruchgrenze 588 kg (*Mikolaſchek*); Belaſtung bis zur Elaſticitätsgrenze 142 kg, die dabei eintretende Verlängerung 1/150 (*Karmarſch*), 941 bis 1390 kg (*Nördlinger*). β) Druck parallel der Faſer: Elaſticitätsgrenze 0,24 t, Elaſticitätsziffer 43,45 t, Bruchgrenze nach *Mikolaſchek* 320 kg, nach *Nördlinger* 406 bis 625 kg. γ) Biegung: Elaſticitätsgrenze 0,157 t, Elaſticitätsziffer 68,42 t, Biegungsfeſtigkeit 469 kg (*Mikolaſchek*); Elaſticitätsziffer 60,13 bis 135,6 t, Biegungsfeſtigkeit 988 bis 1323 kg (*Nördlinger*). δ) Abſcherungsfeſtigkeit: parallel zur Faſer 43 kg, ſenkrecht zur Faſer 246 kg (*Mikolaſchek*). — Dauer: Im Trockenen ſowohl, als auch dem Witterungswechſel ausgeſetzt iſt es von ausgezeichneter Dauer; unter Waſſer wird es ſteinhart (*Nördlinger*). — Verwendung: Von hervorragender Qualität für Schiffbau, Brücken-, Waſſer- und Grubenbauten; bei Hochbau-Conſtructionen nur beſchränktere Verwendung, für Möbelbau (ſchöne Politur), Parquetböden, Lambris und Getäfel.

190. Kiefer.

4) **Kiefer** oder **Föhre** (*Pinus ſylveſtris L.*). Ausſehen: Farbe des ſehr breiten Splintes (nach *Nördlinger* 25 bis 80 Jahresringe umfaſſend) gelblich bis röthlich-weiſs, das Kernholz unmittelbar nach dem Fällen eben ſo, ſpäter im trockenen Zuſtande bräunlich-roth (*Hartig*); das Holz iſt nach Frühlings- und Sommertheil der Jahresringe ungleichförmiger 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); Mittelwerthe nach *Nördlinger* grün 0,70, lufttrocken 0,52. — Saftgehalt: friſch gefällt 39,7 Procent des Gewichtes (*Schübler* und *Hartig*), 0,52 Procent (*Nördlinger*). — Schwinden: nach *Karmarſch* Längenholz 0,008 bis 0,201 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,6 bis 3,8 (2,2) Procent, in der Richtung der Jahresringe 2,0 bis 6,8 (3,3) Procent; Längenſchwindung 0,01 Procent, in der Richtung der Spiegel 2,9 Procent, in der Richtung der Jahresringe 5,4 Procent (nach *Nördlinger*). — Quellen bis zur völligen Sättigung mit Waſſer in der Länge 0,12 Procent, in der Richtung der Spiegel 3,04 Procent, in der Sehne 5,72 Procent (*Laves*). — Elaſticität und Feſtigkeit. α) Zug in der Richtung der Faſer: Elaſticitätsgrenze $0{,}17^{t}$, Elaſticitätsziffer $119{,}9^{t}$, Bruchgrenze 430 kg (*Mikolaſchek*); Vogeſen-Föhre Elaſticitätsziffer $56{,}4^{t}$, 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: Elaſticitätsgrenze 0,26 kg, Elaſticitätsziffer $66{,}1^{t}$, Druckfeſtigkeit 302 kg (*Mikolaſchek*), 444 kg (*Nördlinger*). δ) Biegung: Elaſticitätsgrenze $0{,}0797^{t}$, Elaſticitätsziffer $61{,}74^{t}$, Biegungsfeſtigkeit 327 kg (*Mikolaſchek*); Hohenheimer Kiefer Elaſticitätsziffer $65{,}4^{t}$, Biegungsfeſtigkeit 973 kg (*Nördlinger*). ε) Abſcherungsfeſtigkeit: parallel zur Faſer 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 Insecten angegangen; Brunnenröhren etc.; 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.

B) Laubhölzer.

191. Eiche.

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 eigenthümlichen, 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 Procent des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: nach *Karmarſch* Längenholz 0,2 bis 0,3 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 3,2 bis 3,3 Procent, in der Richtung der Jahresringe 0,8 bis 7,3 Procent; Querholz im Mittel 3,65 Procent; nach *Nördlinger* in der Richtung der Spiegel 1 bis 3 Procent, in jener der Jahresringe 1 bis 7 Procent. — Quellen: bei Waſſeraufnahme bis zur völligen Sättigung Längenausdehnung für junges Holz 0,4 Procent, für gedämpftes 0,32 Procent, für altes 0,13 Procent; Ausdehnung in der Richtung der Spiegel bei jungem Holze 3,9 Procent, bei gedämpftem Holze 2,66 Procent, bei altem Holze 3,13 Procent; Ausdehnung in der Richtung der Jahresringe bei jungem Holze 7,55 Procent, bei gedämpftem Holze 5,59 Procent, bei altem Holze 7,78 Procent (*Laves*); nach *Weisbach*'s Verſuchen ergiebt ſich bei völliger Durchnäſſung eine Zunahme an Volum um 5,5 bis 7,9 Procent, an Gewicht um 60 bis 91 Procent. — Elaſticität und Feſtigkeit. α) Zug parallel zur Faſer: Elaſticitätsgrenze $0{,}35^{t}$, Elaſticitätsziffer 103^{t}, Bruchgrenze 685 kg (*Mikolaſchek*); Mittelwerthe nach *Chevandier-Wertheim* Elaſticitätsziffer $97{,}78^{t}$, Bruchgrenze 649 kg; Zugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 223 bis 1451 kg, nach *Nördlinger* 1311 kg; Belaſtung für die Elaſticitätsgrenze 272 kg, die dabei eintretende Verlängerung $^{1}/_{430}$ (*Karmarſch*). β) Querzugfeſtigkeit: Zug im Sinne des Halbmeſſers Elaſticitätsziffer $18{,}87^{t}$, Bruchgrenze 58,2 kg; im Sinne der Tangente Elaſticitätsziffer $12{,}98^{t}$, Bruchgrenze 40,6 kg (*Chevandier-Wertheim*); Querzugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 44 bis 61 kg. γ) Druck parallel zur Faſer: Elaſticitätsgrenze $0{,}222^{t}$, Elaſticitätsziffer 125^{t}, Druckfeſtigkeit 364 kg (*Mikolaſchek*), 511 kg (*Nördlinger*). δ) Biegung: Elaſticitätsgrenze $0{,}271^{t}$, Elaſticitätsziffer $73{,}5^{t}$, 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; Waſſerleitungsröhren aus Eiche geben dem Waſſer einen unangenehmen Geſchmack; junges Eichenholz iſt feiner gröſseren Dichte halber zu Schwellen mehr geeignet, als altes Stamm- oder Aſtholz; im Tiſchlergewerbe zu maſſiven Möbeln und Hausgeräthen, zur inneren Auskleidung der Wohn-, Wirthſchafts- und Fabriksgebäude, als Blindholz;

fchlichtes und maferiges Holz zu Fournieren; Parquet-Fabrikation; vorzügliches Schindelholz; vortrefflich für Säulen und für Pfähle unter Waffer.

6) Traubeneiche (*Quercus feffiliflora Ehrh.*). Einheitsgewicht: Grüngewicht 0,87 bis 1,16 (1,01), lufttrocken 0,53 bis 0,96 (0,745 *Nördlinger*). — Saftgehalt: Bei frifch gefälltem Holze 27 bis 32 Procent des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Nach *Karmarfch* Längenholz 0,028 bis 0,435 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,1 bis 7,5 Procent, in der Richtung der Jahresringe 2,5 bis 10,6 Procent, Querholz im Mittel 5,42 Procent; nach *Nördlinger* in der Richtung der Spiegel 1 bis 4 Procent, in der Richtung der Jahresringe 3 bis 11 Procent. — Elafticität und Feftigkeit. α) Zug parallel zur Faler: Elafticitätsgrenze 0,282 t, Elafticitätsziffer 82,6 t, Bruchgrenze 466 kg (*Mikolafchek*); Mittelwerthe nach *Chevandier-Wertheim*: Elafticitätsgrenze 0,235 t, Bruchgrenze 566 kg. β) Druck parallel zur Faler: Elafticitätsgrenze 0,209 t, Elafticitätsziffer 93,3 t, abfolute Druckfeftigkeit 258 kg (*Mikolafchek*). γ) Biegung: Elafticitätsgrenze 0,177 t, Elafticitätsziffer 62 t, Biegungsfeftigkeit 453 kg (*Mikolafchek*). δ) Abfcherungsfeftigkeit: parallel zur Faler 70 kg, fenkrecht zur Faler 190 kg (*Mikolafchek*).

192. Rothbuche.

7) Rothbuche (*Fagus fylvatica L.*). Ausfehen: bei der Rothbuche erfolgt der Uebergang von Splint zu Reifholz und Kern fo allmählich, dafs Manche fie für einen Splintbaum halten (*Hartig*); der weifse Splint, wie der braune Kern haben einen röthlichen Anflug; die Jahreslagen find deutlich abgegrenzt durch das dunkler gefärbte Herbftholz; die Markftrahlen von verfchiedener Breite erfcheinen auf Querfchnitten lichter, auf Längsfchnitten dunkler, als das umgebende Holz. — Eigengewicht: nach *Karmarfch* Grüngewicht 0,852 bis 1,12 (0,986), lufttrocken 0,59 bis 0,909 (0,748); nach *Nördlinger* Grüngewicht 0,90 bis 1,12 (1,01), lufttrocken 0,66 bis 0,83 (0,745); das fpecififche Grüngewicht der im gefchloffenen Beftande erwachfenen Rothbuche ift um fo gröfser, je höher das Holz über dem Erdboden liegt, je weiter es von der Wurzel entfernt ift (*Exner*); das fpecififche Lufttrockengewicht, vom Stocke aus nach oben zu gehend, finkt zuerft, um in der Höhe der Baumkrone eine bedeutende Steigerung zu erfahren und hier feinen Gröfstwerth zu erreichen (*Exner*). — Saftgehalt: frifch gefällt 20 bis 43 Procent des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längenholz 0,20 bis 0,34 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 2,3 bis 6 Procent, in der Richtung der Jahresringe 5 bis 10,7 Procent; Querholz im Mittel 6 Procent (*Karmarfch*); in der Richtung der Spiegel 2 bis 6 Procent, in jener der Jahresringe 7 bis 11 Procent (*Nördlinger*); das Schwindmafs nimmt mit der Höhe im Baume ab (*Exner*). — Quellen: bis zur vollftändigen Sättigung mit Waffer Längenausdehnung 0,2 Procent, Ausdehnung in der Richtung der Spiegel 5,03 Procent, in der Richtung der Jahresringe 8,06 Procent (*Laves*); nach *Weisbach*'s Verfuchen Zunahme in Folge der Durchnäffung an Volum 9,5 bis 11,8 Procent, an Gewicht 63 bis 99 Procent. — Elafticität und Feftigkeit. α) Zug in der Richtung der Faler: Elafticitätsgrenze 0,245 t, Elafticitätsziffer 140,8 t, Bruchgrenze 364 kg (*Mikolafchek*); Elafticitätsgrenze 0,2317 t, Elafticitätsziffer 98,04 t, Bruchgrenze 357 kg (*Chevandier-Wertheim*); Bruchgrenze 111 bis 664 kg (*Nördlinger*); Zugfeftigkeit nach *Karmarfch* 111 bis 1527 kg, Belaftung für die Elafticitätsgrenze 163 kg, die dabei eintretende Verlängerung 1/570 (*Karmarfch*), 163,6 kg nach *Nördlinger*. β) Querzugfeftigkeit: Zug im Sinne des Halbmeffers Elafticitätsziffer 26,97 t, Bruchgrenze 88,5 kg; im Sinne der Tangente Elafticitätsziffer 15,93 t, Bruchgrenze 75,2 kg; Querzugfeftigkeit nach *Karmarfch* 65 bis 122 kg. γ) Druck parallel der Faler: Elafticitätsgrenze 0,249 t, Elafticitätsziffer 174,3 t, Druckfeftigkeit 386 kg (*Mikolafchek*), 612 kg nach *Nördlinger*. δ) Biegung: Elafticitätsgrenze 0,198 t, Elafticitätsziffer 97,6 t; Biegungsfeftigkeit nach *Mikolafchek* 709 kg; Biegungsfeftigkeit nach *Nördlinger* 1153 kg. ε) Abfcherungsfeftigkeit: parallel zur Faler 81 kg, fenkrecht zur Faler 391 kg (*Mikolafchek*), nach der Faferrichtung 66 bis 68 kg (*Karmarfch*). — Dauer: äufserft dauerhaft unter Waffer, aber von kurzer Dauer im Freien (Fäulnifs) und unter Dach (Nagekäfer); das Buchenholz ift unter den Laubhölzern am meiften dem Wurmfrafs ausgefetzt. — Verwendung: Bauholz für unter Waffer bleibendes Zimmerwerk; für Wände, Decken, Dachftühle etc. nur felten verwendet, wohl aber zur Auskleidung, zu Treppen, Fufsböden etc.; vorzüglich als Strafsenpflafter und Brückenbelag. Eine Hauptverwendung findet das Rothbuchenholz zur Erzeugung von Möbeln aus gebogenem Holze; in der Tifchlerei zu einfachen Möbeln, imprägnirt auch zu Luxusmöbeln [102]).

193. Ulme.

8) Ulme (*Ulmus campeftris L.*). Ausfehen: die Ulmen haben einen gelblichen Splint und bräunlichen Kern. — Eigengewicht: nach *Karmarfch* 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 frifch gefälltem Holze 24 bis 44 Procent des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längenholz 0,014 bis 0,628 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 1,2 bis 4,6 Procent, in der Richtung der Jahresringe 2,7 bis 8,5 Procent; Querholz im Mittel 4,25 Procent (*Karmarfch*), in der Rich-

102) Siehe auch: Die Verwendung des Buchenholzes zu Bauzwecken. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 483.

tung der Spiegel 1 bis 4 Procent, in der Richtung der Jahresringe 4 bis 8 Procent (*Nördlinger*). — Quellen: bei Waſſeraufnahme bis zur völligen Sättigung und Längenausdehnung 0,124 Procent; Ausdehnung in der Richtung der Spiegel 2,94 Procent, in jener der Jahresringe 6,22 Procent (*Laves*); nach *Weisbach*'s Verſuchen Zunahme in Folge der Durchnäſſung an Volum 9,7 Procent, an Gewicht 102 Procent. — Elaſticität und Feſtigkeit. α) Zug parallel zur Faſer: Elaſticitätsgrenze 0,147 t, Elaſticitätsziffer 132,5 t, Bruchgrenze 450 kg (*Mikolaſchek*); Mittelwerthe von *Chevandier-Wertheim* Elaſticitätsgrenze 0,1842 t, Elaſticitätsziffer 116,53 t, Bruchgrenze 699 kg; Zugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 182 bis 1040 kg, Belaſtung für die Elaſticitätsgrenze 220 kg, die dabei eintretende Verlängerung 1/414; nach *Nördlinger* Bruchgrenze 2107 kg. β) Querzugfeſtigkeit: Zug im Sinne der Faſer Elaſticitätsziffer 12,26 t, Bruchgrenze 34,5 kg; im Sinne der Tangente Elaſticitätsziffer 6,34 t; Bruchgrenze 36,6 kg; Querzugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 34 bis 37 kg. γ) Druck parallel der Faſer: Elaſticitätsgrenze 0,155 t, Elaſticitätsziffer 103,3 t; Druckfeſtigkeit 236 kg (*Mikolaſchek*), 540 kg nach *Nördlinger*. δ) Biegung: Elaſticitätsgrenze 0,156 t, Elaſticitätsziffer 64,7 t, Biegungsfeſtigkeit 437 kg (*Mikolaſchek*), nach *Nördlinger* 1381 kg. ε) Abſcherungsfeſtigkeit: parallel zur Faſer 61 kg, ſenkrecht zur Faſer 269 kg (*Mikolaſchek*). — Dauer: ſehr dauerhaft im Freien, unter Waſſer und im Trockenen. — Verwendung: für Zimmerarbeiten und ſonſt im Hochbauweſen zu koſtbar und von der Eiche übertroffen; vortrefflich zu Glockenſtühlen etc.; das ſchlichte Holz findet in neuerer Zeit Anwendung bei der Parquet-Erzeugung.

194. Eſche.

9) **Eſche** (*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 Procent des Gewichtes (*Nördlinger*). — Schwinden: Längenholz 0,187 bis 0,821 Procent, Querholz in der Richtung der Spiegel 0,5 bis 7,8 Procent, in der Richtung der Jahresringe 2,6 bis 11,8 Procent; Querholz im Mittel 5,67 Procent (*Karmarſch*); in der Richtung der Spiegel 3 bis 4 Procent, in der Richtung der Jahresringe 3 bis 11 Procent (*Nördlinger*). — Quellen: bei Waſſeraufnahme bis zur völligen Sättigung Längenausdehnung für junges Holz 0,821 Procent, für altes 0,187 Procent, Ausdehnung in der Richtung der Spiegel für junges Holz 4,05 Procent, für altes 3,84 Procent; in der Richtung der Jahresringe für junges Holz 6,56 Procent, für altes 7,02 Procent (*Laves*); nach *Weisbach*'s Verſuchen Zunahme in Folge der Durchnäſſung an Volum 7,5 Procent, an Gewicht 70 Procent. — Elaſticität und Feſtigkeit. α) Zug parallel der Faſer: Mittelwerthe nach *Chevandier-Wertheim* Elaſticitätsgrenze 0,2029 t, Elaſticitätsziffer 112,14 t, Bruchgrenze 678 kg; Bruchgrenze 522 bis 716 kg (*Nördlinger*); Belaſtung für die Elaſticitätsgrenze 252 kg, die dabei eintretende Verlängerung 1/385; Zugfeſtigkeit 522 bis 1210 kg (*Karmarſch*), nach *Nördlinger* 1345 kg. β) Querzugfeſtigkeit: Zug im Sinne des Halbmeſſers Elaſticitätsziffer 11,13 t, Bruchgrenze 21,8 kg; im Sinne der Tangente Elaſticitätsziffer 0,102 t, Bruchgrenze 40,8 kg (*Chevandier-Wertheim*); Querzugfeſtigkeit nach *Karmarſch* 22 bis 41 kg; Druckfeſtigkeit nach *Nördlinger* 439 kg. γ) Biegungsfeſtigkeit: nach *Nördlinger* 1155 kg. — Dauer: der Witterung ausgeſetzt und im Freien von geringer Dauer; auch verfällt das junge Holz im Trockenen dem Splintkäfer; im Boden ohne Dauer. — Verwendung: die Fourniere zu Möbel; beſonders ſchöne Fourniere von ungariſchem Eſchenholz; 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 Parquet-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 Werth. Pappel, weich aber ſehr zähe, meiſt dicht und gleichmäſsig, wirft ſich wenig und wird für Trittſtufen, Tiſchplatten, Täfelungen und Fuſsböden, für Drechsler- und Holzſchnitzarbeiten oft mit Vortheil verwendet. Nuſsbaum, dicht und feſt, zeigt ſehr ſchöne, flammige Maſerung, 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.

In neueſter Zeit haben ſich von den überſeeiſchen Holzarten die Cypreſſe, namentlich aber *Yellow-pine* und *Pitch-pine* Eingang verſchafft.

195. *Yellow-pine* und *Pitch-pine.*

Amerikaniſche Kiefer (*Pinus rigida, pinus auſtralis*[103]). Ausſehen: Röthlich-gelb, wenig Splint; Stämme von 40 cm Durchmeſſer haben oft 25 cm vollſtändiges Kernholz; Jahresringe ſehr eng und von einander 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* (feiſiges Ausſehen, gegen das Licht gehalten röthlich durchſcheinend), ſonſt *Yellow-pine* (undurchſcheinend, weniger röthlich gefärbt). — Einheitsgewicht: *Pitch-pine* 0,78 bis 1,03, *Yellow-pine* 0,68. — Schwinden: Schwindmaſs bedeutend, bei Querholz 1,6 bis 4,6 Procent. — Quellen: ca. 0,6 Procent. — Elaſticität und Feſtigkeit: kommt der der Eiche ſehr nahe; Zugfeſtigkeit nach *Knight* 843 kg, nach *Barlow* 738 kg; Druckfeſtigkeit nach *Hodgkinſon* 477 kg; Abſcherungsfeſtigkeit nach *Trautwine* 305 bis 403 kg. — Dauer: Wegen des groſsen und ſehr gleichförmig vertheilten 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 Fäulniſs 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, Thüren, Fenſtern und Auſsenverſchalungen ſehr geeignet.

c) Holz-Sortimente.

196. Rundholz und Balken.

Das Bauholz kommt im Handel meiſt als unbebeiltes (unbeſchlagenes) oder Rundholz, als bebeiltes (beſchlagenes) Kantholz und als Schnittholz, ſeltener als Spaltholz vor. Man hat ferner das geflöſste von dem nicht geflöſsten 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), giebt das Rundholz die ſog. Balken, welche als extra ſtarkes 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 etc.). Starkes Bauholz von 30 bis 35 cm Querſchnittsabmeſſung und 12 bis 14 m Länge giebt, durch einen Sägeſchnitt getheilt, das ſog. Halbholz, durch zwei ſich kreuzende Sägeſchnitte getheilt, das ſog. Kreuzholz. Mittelbauholz und Kleinbauholz haben im Mittel bezw. 25 und 20 cm Querſchnittsabmeſſung, ſo wie 12 und 10 m Länge.

Noch ſchwächere Bauhölzer heiſsen Bohlſtämme (ca. 15 cm ſtark) und Lattenſtämme (ca. 10 cm dick); ſie werden auch noch, zum Unterſchied von den Kreuzhölzern, als einſtielig bezeichnet; letztere ſind ſelbſtredend werthvoller, da ſie weniger Splint haben und überhaupt von beſſerer Qualität ſind.

197. Schnittholz.

Zum Schnittholz gehören auſser den ſchon erwähnten geſchnittenen Balken noch die Bohlen[104]), die Bretter, Dielen[105]) oder Borde, die Latten und die Fourniere. Die Bohlen ſind 5 bis 10 cm dick, und man unterſcheidet die Zopfbohlen von den werthvolleren Stammbohlen. In gleicher Weiſe werden bei den Brettern Zopf-

103) 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—I, S. 73.

104) In Oeſterreich heiſsen die Bohlen auch Pfoſten.

105) In Süddeutſchland heiſsen die Bohlen auch Dielen.

und Stammbretter geſchieden; dieſelben haben 1,5 bis 4,5 cm Dicke; ſchmale Bretter (ca. 15 cm Breite) heiſsen Riemen, ſolche von 20 bis 25 mm Dicke Schalbretter; Bohlen und Bretter haben Längen von 3,0 m, 4,5 m, ſelten mehr, ſelbſt bis 7,5 m und darüber. Die Bohlen und die Bretter werden nicht ſelten beſäumt.

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 3,0 bis 4,5 m, ſelbſt 5,0 m lang. Fourniere haben eine Stärke von 6 bis 15 mm und eine Länge von 1 bis 3 m.

198. Spaltholz. Zu Spalthölzern gehören die 45 cm langen und 12 bis 18 cm breiten Scharſchindeln und die Legſchindeln, 90 cm lang und 18 bis 30 cm breit.

Von einigen anderen Holz-Sortimenten, die durch Hobel-, Fräs- etc. Maſchinen in einzelnen gröſseren Anſtalten erzeugt werden, wird unter d noch die Rede ſein.

d) Bearbeitung des Holzes.

199. Ablängen. Nach dem Fällen der Bäume wird der Stamm durch Querſchneiden mit der Bauchſäge oder der geraden Zimmermanns-Querſäge in jene Theile getrennt, die zur weiteren Herſtellung der Bauholz-Sortimente beſtimmt ſind. Man nennt dieſen Vorgang das Ablängen. Die ſo zugerichteten Stammtheile 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.

200. Behauen und Schneiden des Holzes. Die erſte Zurichtung zu Bauholz-Sortimenten geſchieht entweder ausſchlieſslich durch Sägen oder, ſo fern 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) beſchlagener Hölzer. Bei dieſen bildet der Querſchnitt eine Figur, welche ein unregelmäſsiges Achteck darſtellt; vier Seiten dieſes Achteckes ſind gerade Linien: die Projection 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 Theil des Splintes und geſtatten nur in gewiſſen Fällen eine vortheilhafte 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 Maſchinenſägen 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 Theilen aufſchneidet, ohne beſondere Rückſicht darauf zu nehmen, welche Holz-Sortimente 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 Wiederſägen (*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 Circularſäge die wichtigſte und empfehlenswertheſte Sägemaſchine, welche übrigens in Deutſchland und Oeſterreich-Ungarn noch viel mehr, als es der Fall ſein ſollte, durch Gatterſägen mit einem oder zwei Sägeblättern, Mittelgatter oder Saumgatter, 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 Kreisſägen oder Gatterſägen, in neueſter Zeit auch durch die Bandſäge.

201. Herſtellung ſonſt. Holz-Sortimente.

Der Baumeiſter, bezw. der Bautiſchler bezieht in der Regel für ſeinen Bedarf als Rohſtoff die beſchlagenen Balken oder Bäume für Gerüſtholz, Deckenträger etc. oder die mittels der Säge geſchnittenen Balken, Bohlen, Bretter, Latten u. ſ. w. In neuerer Zeit werden von gröſseren Anſtalten auch noch weiter zugerichtete Holz-Sortimente 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 genuthet ſind oder die auf der einen Seite eine Nuth, auf der anderen Seite eine Feder tragen. Für die Verbindung von Brettern oder Bohlen, die an beiden Schmalſeiten genuthet ſind, verwendet man Federn, welche beſonders hergeſtellt werden, und zwar mit weſentlichem Vortheil als Querholz aus harten Hölzern.

Auſser den mit ebenen Oberflächen durch die Hobelmaſchine verſehenen Holz-Sortimenten bringen groſse Anſtalten auch gekehlte Bretter und Latten in den Handel, welche zu Thür- 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 profilirten Kehlleiſten, Geſimsleiſten, 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 erlangte [106]).

Auf hoch entwickelten Zimmerplätzen kommen nebſt den genannten Sägen und verſchiedenen Arten von Hobelmaſchinen auch Fräsmaſchinen zur Herſtellung von Profilirungen an krummlinig geſtalteten Holzkörpern, wie Verkleidungen von Bogenfenſtern u. dergl. zur Anwendung.

202. Herſtellung von Zapflöchern u. Zapfen.

Um Zapfenlöcher mittels Maſchine herzuſtellen, verwendet man die Stemmmaſchine 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 Kreisſägen, Fräſern oder Hobelköpfen gebildet iſt.

106) Siehe: Marchet & Exner. Holzhandel und Holzinduſtrie der Oſtſeeländer. Weimar 1876.

203. Bohren.

Der Handbohrer wurde in jüngſter Zeit auch durch ſehr gut conſtruirte Rundloch-Bohrmaſchinen und zuletzt auch durch die aus Amerika ſtammenden Handbohrmaſchinen, welche ſehr leiſtungsfähig ſind, erſetzt.

204. Combinirte Maſchinen.

In Bautiſchlereien empfiehlt ſich auch mitunter die Anwendung von combinirten Maſchinen entweder für beſondere Zwecke, wie für die Erzeugung von Riemenſtücken für die ſog. Riemenböden, für die Herſtellung von Parquettafeln, einzelnen Theilen von Thüren und Fenſtern etc.

Maſchinen, welche aus drei oder vier Werkzeugmaſchinen zuſammengeſetzt ſind, alſo beiſpielsweiſe aus einer Hobelmaſchine, einer Säge, einer Bohrmaſchine etc. beſtehen, erſcheinen auch unter der Bezeichnung Univerſaltiſchler.

205. Herſtellung von Schindeln.

Für beſtimmte Artikel, die im Bauweſen Anwendung finden, z. B. für die Herſtellung von Schindeln zur Verkleidung der Wände und Dächer, ſind eigene Sondermaſchinen conſtruirt 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 erzeugt [107]).

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. Uebrigens laſſen ſich die Maſchinenſchindeln in den meiſten Fällen um ſo viel billiger als die Handſchindeln herſtellen, daſs es ſachgemäſs iſt, Maſchinenſchindeln zu verwenden.

206. Herſtellung von Fournieren.

Bei Bautiſchler-Arbeiten kommen zuweilen auch Fourniere in Verwendung, welche zur Innendecoration der Räume dienen. Die Fourniere werden entweder mittels Fournier-Sägen oder mittels Hobelmaſchinen hergeſtellt, in welch letzterem Falle die Fourniere die Bezeichnung Meſſerſchnitt-Fourniere tragen; die letzteren ſind bedeutend dünner, als die Sägeſchnitt-Fourniere und deſshalb für bautechniſche Gegenſtände wenig empfehlenswerth, trotz des geringen Preiſes, der ihnen gegenüber den Sägeſchnitt-Fournieren eine bedeutende Verbreitung verſchafft hat.

Bezüglich der Erklärung und Beſchreibung der im Vorſtehenden genannten Arten von Werkzeugen und Maſchinen ſei auf nachſtehende Sonderſchriften 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.

Gravenhorst, A. Die Holzbearbeitungs-Maſchinen 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. Zeitſchr. 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. Braunſchweig 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.

107) Siehe: Exner, W. F. & K. Strzemcha. Ueber Maſchinenarbeit und Handarbeit bei der Schindelfabrication. Heyer's Allg. Forſt- und Jagdzeitung 1872.

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 Holzſäge, ihre Form, Leiſtung und Behandlung in Schneidemühlen. Berlin 1879.
Officieller Bericht über die Weltausſtellung in Paris 1878. Herausgegeben von der k. k. öſterr. Commiſſion für die Weltausſtellung in Paris im Jahre 1878. Heft 2: Die mechaniſche Holzbearbeitung, deren Hilfsmittel und Erzeugniſſe. Von W. F. Exner und 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. Braunſchweig 1881.
Bale, M. P. *Woodworking 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.
Richards, J. *Wood-working machinery* etc. London 1885.
Mittheilungen des technologiſchen Gewerbe-Muſeums in Wien. I. Section. Fachzeitſchrift für die Holzinduſtrie. Red. von Exner. Erſcheint ſeit 1880.

e) Mittel gegen Schwinden, Fäulniſs und Schwamm.

1) Mittel gegen das Schwinden des Holzes.

207. Trocknen.

Um das Schwinden des Holzes unmerklich oder doch unſchädlich zu machen und das Werfen, ſo wie 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 Aeſten bis zu den Wurzeln ganz oder theilweiſe entrindet 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 zertheilt, 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 ſtattfinde oder daſs es nicht zu ſehr verzögert werde, wodurch das Anfaulen herbeigeführt wird. Während des Trockenvorganges müſſen die Hölzer frei gelagert und vor Berührung unter einander und mit dem Erdboden bewahrt werden. Zweckmäſsig iſt es, das Holz theilweiſe zu entrinden und die Hirnflächen durch Bekleben mit Papier oder durch Beſtreichen derſelben mit Oelfarbe gegen Entſtehung von Kernriſſen zu ſchützen.

Da das Lufttrocknen, namentlich für ſtarke Hölzer angewendet, nicht unbeträchtliche Zeit in Anſpruch nimmt, ſo hat man ſeine Zuflucht zum künſtlichen Holztrocknen genommen, welches den Vorzug gewährt, daſs das Holz ſchon nach kurzer Zeit der weiteren Verarbeitung unterzogen werden kann, ohne daſs deſſen Zug- und Druckfeſtigkeit einer Verminderung unterliegen würde. Das Holz

wird in die Trockenkammer gelegt, welche von aufsen geheizt wird oder durch Anwendung von Waſſerdampf ihre erhöhte Temperatur erhält. Dabei iſt nicht zu überſehen, daſs für den nöthigen Luftwechſel geſorgt werde, da ſonſt das nahe dem Boden liegende Holz durch die ſich niederſchlagenden 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 Cohäſion verliert.

208. Auslaugen. Die Entfernung der Holzſäfte 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 ſtark flieſsendem 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.

Dieſem Verfahren vorzuziehen iſt das Behandeln des Holzes mit kochendem Waſſer, was jedoch nur bei kleineren Holzſtücken mit Erfolg durchgeführt werden kann.

209. Dämpfen. Das wirkſamſte Mittel und die daher empfehlenswertheſte 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 Holzfaſer ſchwächend und verändernd wirkt.

210. Weitere Mittel. Weitere Mittel gegen das Schwinden des Holzes ſind: zweckmäſsige Wahl der Faſerrichtung bei der Herſtellung von hölzernen Bautheilen, ferner entſprechende Rückſichtnahme auf die Lage des Spiegels und des Kernes beim Zerſchneiden, Verarbeiten und Verbinden der Holztheile, weiters das Zuſammenfügen der hölzernen Conſtructionstheile aus kleinen Stücken, endlich der Ueberzug mit der Feuchtigkeit widerſtehenden Stoffen, wie z. B. das Tränken mit Leinöl, das Firniſſen, das Anſtreichen mit Oelfarbe etc. Dieſe Mittel finden jedoch nur in beſonderen Fällen Anwendung und ſind nicht in jenem Maſse, als es wünſchenswerth erſcheint, dem Schwinden entgegenzutreten geeignet.

2) Haltbarmachung des Holzes.
(Conſervirung.)

211. Haltbarmachen. Jene Verfahrungsarten, welche unter dem Namen »Conſervirung des Holzes« zuſammengefaſſt werden können, gipfeln in dem Beſtreben, das Holz gegen Fäulniſs und die damit zuſammenhängenden Vernichtungsvorgänge zu ſchützen.

Das Holz unterliegt ſelbſt dann dem Verderben, wenn keine erkennbar nachtheiligen Einflüſſe von aufsen auf daſſelbe wirken. Dieſe Erſcheinung iſt dem Vorhandenſein von Stoffen zuzuſchreiben, welche den aufgelösten Stoffen des Holzſaftes angehören. Die reine Holzfaſer an ſich iſt eine in ſehr geringem Grade der Veränderung und Zerſtörung durch die Zeit unterworfene Maſſe. Iſt das Holz ſtets in feuchtem Zuſtande, ſo beobachten wir ein immerwährendes Fortſchreiten in der

Zerſtörung, die ſog. naſſe Fäulnifs, im Gegenſatz zur trockenen Fäulnifs, 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 zu Grunde, 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 äufseren Feuchtigkeit kann Bauholz durch Anſtriche, wie gut deckende und haftende Oelfarben, Firniſſe, Theer [108]) etc., ferner durch einen Anſtrich mit Carbolineum [109]) geſchützt werden; vorzüglich iſt hierfür auch das Tränken mit Talg, Wachs, Paraffin, Leinöl und Löſungen von Harzen in Oelen; letztere werden bis auf 200 Grad C. erhitzt und die Hölzer in dieſelben eingetaucht. Solche Verfahren werden indeſs nur in ſelteneren Fällen, ſo z. B. für Hölzer zu Parquet-Fufsböden etc., angewendet, weil ſie koſtſpielig ſind.

212. Durchtränken.

Als wirkſamſtes Conſervirungsmittel mufs das Durchtränken oder Imprägniren des Holzes mit verſchiedenen Stoffen bezeichnet werden, welche theils unmittelbar fäulniſswidrig ſind, theils die Saftſtoffe chemiſch verändern. Dieſes Verfahren hat faſt nur für das Haltbarmachen von Eiſenbahnſchwellen in gröfserem Umfang Anwendung gefunden; wir können uns deſshalb darauf beſchränken, jene Verfahren zu ſkizziren, welche auch für Bauhölzer Verbreitung gefunden haben.

Von den Metallſalzen, welche man zum Haltbarmachen verwendet, hat das Chlorzink eine grofse Bedeutung und gehört zugleich zu den billigſten Durchtränkungsſtoffen. Das hiermit getränkte Holz beſitzt die Eigenſchaft, dafs ein Oelanſtrich daran gut haftet, während Hölzer, mit anderen Salzen durchtränkt, ſolche Anſtriche abwerfen. Dieſer Eigenſchaft zufolge hat man z. B. Thürgewände 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 Capillarität ſaugt der Baum dieſe Flüſſigkeit bis in die Zweige empor. Dieſes augenſcheinlich zweckmäfsige Verfahren hat ſich jedoch aus verſchiedenen Gründen als unpraktiſch erwieſen, theils ſchon aus dem Grunde, weil wohl einige Holzarten, wie Linde, Buche, Ulme etc., vollſtändig durchdrungen wurden, jedoch andere wieder, wie Eiche, Fichte, Tanne, Nufsbaum, nur theilweiſe und nicht im Kerne durchtränkt erſchienen. Dieſes Verfahren iſt deſshalb von ſeinem Erfinder verlaſſen worden.

Boucherie's neueres Durchtränkungsverfahren beſteht darin, dafs der friſch geſchlagene Baumſtamm in unbehauenem 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 daſſelbe jedoch unanwendbar.

Ein von gutem Erfolg begleitetes Verfahren, welches von verſchiedenen Firmen gehandhabt wird, benutzt als Durchtränkungsſtoff Kreoſot, Phenyl und unter Umſtänden Naphthalin, Theeröle, die bei der Leuchtgasbereitung als Rück-

[108]) Die Thatſache, dafs Anſtriche hie und da ſich nicht bewährt haben, rührt in der Regel daher, dafs 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 äufsere 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.)

[109]) Von *Avenarius* in Gau-Algesheim erfunden.

ſtand erſcheinen; Andere verwenden Theer, die Nebenerzeugniſſe der Petroleum-Raffinerie etc., und zwar dieſe Stoffe in Dampfform, d. h. in dampfförmigem Aggregatzuſtande oder mechaniſch vom Dampf mitgeriſſen.

Dieſes Verfahren hat den Vortheil, daſs die Durchtränkung eine vollſtändige, die ganze Maſſe durchdringende iſt. Durch daſſelbe hat man die verſchiedenen Grade von Trocknung und Durchtränkung vollkommen in der Gewalt. Während bei Bahnſchwellen, Pfählen etc. die ſtärkſte Durchtränkung gewünſcht wird und deren 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. Ueberdies erhalten die ſo durch das Dämpfen durchtränkten Tiſchlerhölzer eine ſchöne Färbung.

213. Aufbewahrung des Bauholzes.

Schlieſslich iſt an dieſer Stelle, als Maſsregel gegen Fäulniſs 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. Es ſind deſshalb in dem aus einzelnen Lagen von Brettern, Bohlen etc. gebildeten Stoſse möglichſt viele quer liegende Zwiſchenhölzer anzubringen; auch iſt der ganze Stoſs von Zeit zu Zeit umzuſetzen, um den früher verſteckt liegenden Holztheilen den freien Luftzutritt zu ſichern. Hierbei iſt eine ſchützende Bedachung eben ſo nöthig, wie eine gute Unterlage auf ganz trockenem Grunde.

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 Verfahrungsarten und Apparate, welche beim Imprägniren der Hölzer Anwendung gefunden haben. Gekrönte Preisſchrift. Dresden 1860.

Kaufmann, A. Neues Schutzmittel, das Holz durch Verdichtung und Austrocknung deſſelben vor Fäulniſs und vorzeitigem Verderben zu ſchützen. Berlin 1863.

Lapparent. *Conſervation des bois par la carboniſation* 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.

3) Mittel gegen den Hausſchwamm.

214. Entſtehung des Schwammes.

Die Bildung des ſog. Haus- oder Thränenſchwammes 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 Aeuſseren 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 zerſtört.

Unter den auftretenden Pilzarten ift es vorzugsweife der fog. thränende Roftpilz, welcher als höchft gefährlich bezeichnet wird. Während des Entftehens des Pilzes zeigen fich am Holz weifse Flecken, die fich allmählich vergröfsern und ein filberartiges feines Netz bilden, welches die Oberfläche des Holzes feucht hält. Diefes fleckige Gewebe geht nach und nach in ein blätterartiges, faftiges Fafergeflecht über, welches eine afchgraue Farbe und feidenartigen Glanz annimmt und durch den beizenden Saft, den es austräufelt, die rafche Verbreitung des Schwammes vorbereitet. In feiner ferneren Entwickelung erfcheint das Gewächs als eine elaftifche, korkartige Maffe von weifs-gelblicher Farbe, welche durch die Einwirkungen der Luft und des Lichtes in das Bräunliche übergeht, indem der Schwamm dabei zufammenfchrumpft, bei erlangter vollftändiger Reife zerreifst und einen in den Keimbehältern befindlichen Staub ausfchüttet, der fich dann weiter verbreitet. Das Gewächs verbreitet von feinem erften Entftehen an einen unangenehmen, felbft der Gefundheit fchädlichen Modergeruch.

Namentlich an feuchten Orten greift die Schwammbildung bedeutend um fich. Als beftes Mittel gegen den Hausfchwamm gilt daher das vollftändige Entziehen der Feuchtigkeit aus den Gebäuden und das Zuführen von Licht, jedenfalls aber von Luft, durch Drainirung des Grundftückes und Anwendung von Ifolirfchichten im Mauerwerk, durch Freilegen und Ifoliren der Schwellen, Lagerhölzer und Balkenenden im Erdgefchofs, wo erfahrungsgemäfs der Hausfchwamm zuerft auftritt, insbefondere auch durch Herftellung eines kräftigen Luftumlaufes unter dem Fufsboden, indem man den freien Luftraum zwifchen den Lagerhölzern oder Balken mit der äufseren oder inneren Luft und wo möglich auch mit den Heizkörpern in geeignete Verbindung bringt.

215. Verhütung des Hausfchwammes.

Diefes find in der That die wirkfamften Mittel fowohl zur Verhütung, als auch zur Vertilgung des Hausfchwammes. Zur Verhütung deffelben erfcheint es ferner geboten, fchon während der Bauzeit darauf zu achten, dafs Körper, welche Nahrung für Pflanzenkeime enthalten, von der Bauftelle entfernt und felbftverftändlich niemals in das Gebäude felbft gebracht werden, wie z. B. die fruchtbaren Erdarten, Schutt von Gebäuden, welche fchon durch den Schwamm inficirt waren, Pflanzenrefte, lehmiger Sand etc. Mit befonderer Sorgfalt find diefe Vorfichtsmafsregeln einzuhalten, wenn auf der Bauftelle früher Kehrichthaufen, bezw. -Gruben, Düngerftätten oder andere den Pflanzenwuchs fördernde Anlagen beftanden haben.

Als Ausfüllungsmittel an Stelle des Abraums, zum Aufbringen auf Gewölbe etc. ift nach *Engel* feft geftampfter Lehm zu empfehlen; andere brauchbare Ausfüllungsmaterialien find fcharfer, trockener Sand, frifche Schlacken, ganz trockener und reiner Baufchutt, Kiefelguhr. Ferner foll nur gefundes, kerniges, nicht aufser der Fällzeit gefchlagenes, gut ausgetrocknetes Bauholz[110]) verwendet werden. Lagerhölzer und Balken der Fufsböden follen auf Steinunterlagen ruhen und da, wo Feuchtigkeit nicht ganz fern zu halten ift, follen dunkle, dem Luftzug nicht zugängliche Stellen vermieden werden.

Weiterer Mafsregeln zur Verhütung des Hausfchwammes wird noch in Theil III, Band 2 (Heft 1 bis 4) und 3 diefes »Handbuches« (bei Betrachtung der Wand-, Decken- und Fufsboden-Conftructionen) gedacht werden.

216. Vertilgung des Hausfchwammes.

Das Vorhandenfein des Hausfchwammes erkennt man an feinem eigenthümlichen fcharfen Geruch und an dem Umftand, dafs das vom Schwamme angegriffene

110) Von den Nadelhölzern ift die Fichte am meiften, die Lärche am wenigften dem Hausfchwamm unterworfen.

Holz ſich beim Anſchlagen durch einen dumpfen Klang zu erkennen giebt. Zu deſſen Vertilgung muſs an der Stelle, wo er ſich zeigt, das Fundament frei gegraben, die Ausfüllung entfernt und der Platz abgeſchloſſen werden; es müſſen die Fugen des Mauerwerkes ſorgfältig ausgekratzt und alle vom Schwamme ergriffenen oder deſſen verdächtige Theile herausgenommen und durch neue erſetzt werden. Das ſorgfältigſte Entfernen der Sporen oder Samen kann hierbei nicht dringend genug anempfohlen werden [111]). Sodann verfahre man ſo, wie oben zur Verhütung des Schwammes beſchrieben iſt, und gebe dem Holzwerk und den vorher angegriffenen Stellen des Mauerwerkes einen Anſtrich oder Ueberzug mit einem wirkſamen Schutzmittel.

Die Mehrzahl der Mittel, welche zur Bekämpfung des Schwammes Anwendung gefunden, haben ſich indeſs noch nicht genügend bewährt. Für unbewohnte Räume hat man vorgeſchlagen, die angegriffenen Theile 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 concentrirten Kochſalz-Löſung, mit einer Löſung von Kupfer- und Eiſenvitriol, mit Chlorzink, mit Petroleum, mit einem Theerüberzug etc. Es ſollen ſich ferner bewährt haben das *Kaſtner*'ſche Mittel (200 l Torfaſche, 20 l Salz und 0,5 kg Salmiak mit kochendem Waſſer bis zur Sättigung gemiſcht und zu einem Brei gerührt), das Mykothanaton von *Vilain & Co.* [112]), *Zerener*'s Antimerulion [113]) und das Antinonnin. Alle dieſe Stoffe ſollen die organiſchen Gebilde zerſtören und zugleich verhindern, daſs ſich eine erneute Vegetation bilde. Die oben beſchriebenen Einrichtungen zum Zweck kräftigen Luftumlaufes und Entziehen der Feuchtigkeit ſind indeſs zur Zeit, wenn nicht als die einzigen, ſo doch als die wirkſamſten und unter allen Umſtänden zur Vertilgung des Hausſchwammes nothwendigen anzuſehen.

Literatur

über »Schwamm« und »Schwammvertilgung«.

Bourwieg. Abhandlung über den Hausſchwamm. Stettin 1827.

Bühler. Der laufende Schwamm in Gebäuden, ſeine Entſtehung und Vertilgung. Stuttgart 1845.

Pötzsch, E. Einiges über den Hausſchwamm. Romberg's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1854, S. 147.

Weishaupt, O. Verhütung des Hausſchwammes durch eine Luftcirculations-Vorrichtung. Zeitſchr. f. Bauw. 1858, S. 91 u. 295.

Fegebeutel, A. F. Die Ventilationsdrainage für ſchwammhaltige Gebäude als ſicherſtes Mittel zur gänzlichen Vertilgung und Vertreibung des Hausſchwammes. Romberg's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1860, S. 145.

Referat über eine Abhandlung über den Hausſchwamm von Fegebeutel. Zeitſchr. f. Bauweſen 1861, S. 313.

Emmich. Ueber die Entſtehung und Bildung des Hausſchwammes, ſowie über die Mittel zur Verhütung und Vertilgung deſſelben. Romberg's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1861, S. 5.

Ammon. Ueber das Weſen des Haus- oder Thränenſchwamms, und über die Mittel, ihn zu verhüten. Zeitſchr. f. Bauweſen 1865, S. 339.

Fritzsche, H. Vollſtändige Abhandlung über den Hausſchwamm. Preisſchrift. (Mittheilungen des ſächſiſchen Ingenieur-Vereines. Heft 4.) Dresden 1866.

111) Siehe: Deutſche Bauz. 1876, S. 310.

112) Ueber deſſen Zuſammenſetzung ſiehe: Deutſche Bauz. 1876, S. 532.

113) Von *Guſtav Schallehn*, chemiſche Fabrik in Magdeburg u. Wien.

Bühler, E. Mittel zur Vertilgung des Hausſchwammes. Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1868, S. 121.

Schmid. Ueber Maſsregeln zur Vertilgung des Hausſchwammes. Zeitſchr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 11.

Rothgangel. Ueber Verhütung des Hausſchwammes. Zeitſchr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 52.

Ueber Hausſchwamm. Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1869, S. 136.

Dorn, P. Der Holz- oder Gebäudeſchwamm. Belehrungen über die Entſtehungsurſachen, Lebensbedingungen, ſichere Verhütung und nachhaltige Vertilgung dieſes ſchädlichen Pilzes. 2. Ausg. Weimar 1870.

Ueber die Beſeitigung und Verhütung des Hausſchwammes. Romberg's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1872, S. 11.

Schultze, G. A. Der Hausſchwamm etc. Berlin 1877.

Leuchs, J. C. Der Haus- oder Holzſchwamm und die Mittel zur Beſeitigung und Verhütung der Entſtehung deſſelben. 4. Aufl. Nürnberg 1877.

Hausſchwamm. Deutſche Bauz. 1867, S. 300, 373 u. 411; 1875, S. 420; 1876, S. 251, 310 u. 530; 1877, S. 434 u. 484.

Der Hausſchwamm. Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1875, S. 157 u. 187.

Ueber den Häuſerſchwamm und deſſen Bekämpfung. Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1877, S. 149.

Mittel gegen den Hausſchwamm. Deutſche Bauz. 1878, S. 301.

Brosi, U. Der Hausſchwamm. Eiſenb., Bd. 5, S. 162, 169, 178 u. 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 Entſtehung, Fortpflanzung und Vertilgung des Holz-, Haus- und Mauerſchwammes. Düſſeldorf 1881.

Goeldner, G. Der Hausſchwamm und ſeine nachhaltige Verhütung etc. Bromberg 1885.

Göppert, H. R. Der Hausſchwamm etc. Nach deſſen Tode herausg. u. verm. von Th. Poleck. Breslau 1885.

6. Kapitel.

Eiſen und Stahl.

Von Dr. Eduard Schmitt [114]).

a) Allgemeines.

217. Eiſen als Bauſtoff.

Unter allen Metallen ſpielt das Eiſen in der Geſchichte der Cultur weitaus die wichtigſte Rolle. Es giebt 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 unſer Jahrhundert hinein galten Stein und Holz unbeſtritten als die wichtigſten Bauſtoffe. Erſt ſeit wenigen 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 Hilfs-Conſtructionen, zu geſchmiedeten Ankern, zu Klammern, als Ausbaumaterial etc. verwendet wurde, gelang es ſpäter, gröſsere Bautheile, wie Säulen, Träger etc. zu gieſsen. Deſſen ungeachtet blieb die Benutzung des Eiſens eine beſchränkte. Erſt durch die Erfindung der Walztechnik eröffnete ſich dieſem Bauſtoff ein weiteres Gebiet. Die bedeutende und gleichwerthige

114) Unter theilweiſer Benutzung der von Herrn Profeſſor *Hauenſchild* in Berlin herrührenden Bearbeitung dieſes Kapitels in der 1. Auflage des vorliegenden Halbbandes.

Zug- und Druckfeſtigkeit des Walzeiſens begünſtigte ſeine Benutzung zu Trägern, denen im Laufe der Zeit alle zu unſeren mannigfaltigen Eiſen-Conſtructionen erforderlichen Profileiſen folgten. Die Feſtigkeit, die leichte Geſtaltungsfähigkeit und die verhältniſsmäſsige Billigkeit des Eiſens führten zu immer weiteren und kühneren Verſuchen, bis gegenwärtig kaum ein bauliches Werk von einiger Bedeutung ohne dieſen Bauſtoff denkbar iſt[115]).

218. Verwendung.

Als Conſtructions-Material findet das Eiſen vor Allem für diejenigen Theile unſerer Hochbauten Verwendung, welche dieſelben nach oben begrenzen, alſo für Decken und Dächer. In allen Fällen, wo weit geſpannte 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 thunlichſt herabmindern will.

Allein auch für diejenigen Bautheile, welche die durch unſere Bauwerke geſchaffenen Innenräume nach der Seite begrenzen, für die Wände, findet das Eiſen immer ausgedehntere Anwendung. Hauptſächlich ſind es die Eiſen-Fachwerkbauten und die aus Eiſen und Glas hergeſtellten Hallenbauten, Pflanzenhäuſer etc., deren conſtructives Gerippe aus dieſem Material hergeſtellt wird; indeſs fehlt es nicht an Ausführungen, bei denen die Wände ganz aus Eiſen, ohne Zuhilfenahme eines anderen Ausfüllungsſtoffes etc., conſtruirt ſind.

Von hoher Bedeutung iſt weiters das Eiſen für die Conſtruction 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 irgend welchen Gründen von dieſen Bauſtoffen abſehen will.

Eine ungemein mannigfaltige Benutzung finden Eiſen und Stahl als Ausbau-Material und für gewiſſe Nebentheile unſerer Bauwerke, wie Conſolen, Laternenpfoſten, Brunnenrohre etc. Es iſt in dieſen Fällen, namentlich für die erſtgedachten Zwecke, geradezu unentbehrlich geworden.

219. Dauer.

Seit das Eiſen in nennenswerthem Umfange zu Bauzwecken Verwendung gefunden hat, ſind etwa 60 Jahre verfloſſen. Die in dieſem Zeitraume geſammelten Erfahrungen genügen nicht, um darnach zu beurtheilen, wie ſich das Eiſen als Bauſtoff für Monumentalbauten bewähren wird. Die Anforderungen, die an einen ſolchen Bauſtoff geſtellt werden müſſen, ſind Feuerſicherheit, Widerſtandsfähigkeit gegen Witterungseinflüſſe und verhältniſsmäſsig nicht zu hoher Preis. Durch verſchiedene Brandfälle iſt genügend feſt geſtellt, daſs Eiſen-Conſtructionen nur dann als feuerſicher 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 Eiſen-Conſtructionen, beſonders ſolche mit Nietverbindungen, können bei einer Feuersbrunſt in Folge 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 werthlos iſt.

Im Uebrigen hängt die Dauer der Eiſen-Conſtructionen faſt ausſchlieſslich von den Vorſichtsmaſsregeln ab, die gegen das Roſten angewendet werden. Das am

115) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 30.

meiſten angewendete Mittel beſteht in einem Oelfarbenanſtrich, der ſtets ſehr ſorgfältig unterhalten werden muſs. Schon aus der Thatſache, daſs das Eiſen einer ſtändigen Unterhaltung und Bewachung bedarf, geht hervor, daſs die Eiſenbauten nicht in dem Maſse für monumental gelten können, wie gut conſtruirte Steinbauten. Ein ſolcher Anſtrich oder ein anderes Schutzmittel iſt nicht allein für Bauten, die dem Wetter ausgeſetzt ſind, erforderlich, ſondern auch für Innen-Conſtructionen, namentlich für die Dachſtühle. Wenn letztere auch durch die Dachdeckung den Einwirkungen des Wetters entzogen ſind, ſo ſind ſie deſto mehr dem Schwitzwaſſer ausgeſetzt [116]).

220. Benennungen.

Die Folge der rieſigen Entwickelung in der Eiſeninduſtrie, insbeſondere ſeit Beginn der ſechziger Jahre, 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 geriethen 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 Härtbarkeit 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 Packet-Metall, wenn es aus einzelnen Stäben oder Packeten hergeſtellt wurde etc. Hierzu kam noch die Verſchiedenartigkeit der Benennungen in den verſchiedenen Sprachen.

Der letztere Umſtand, ſo wie die durchgreifenden Veränderungen, welche die Erzeugung beſonderer Sorten von kohlenſtoffhaltigem Eiſen durch Erfindung des *Beſſemer*- und des *Martin*-Verfahrens erlitt, machten neue, die Art der Herſtellung und die Beſchaffenheit des Erzeugniſſes kennzeichnende Benennungen nothwendig. Gelegentlich der Weltausſtellung zu Philadelphia (1876) wurde ein internationales Comité 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 ſechſerlei 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 Packeteiſen, überhaupt Schmiedeeiſen und Walzeiſen;
4) Schweiſsſtahl, umfaſſt: Rennſtahl, Herd-Friſchſtahl, Puddelſtahl, Cementſtahl, 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 umgeſchmolzener Stahl [117]).

---

116) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 30.

117) Die techniſche Commiſſion des Vereins deutſcher Eiſenbahn-Verwaltungen hat der Generalverſammlung des letzteren dieſe Benennungen zur Annahme beantragt und folgende fremdſprachliche Bezeichnungen empfohlen:

	Engliſch:	Schwediſch:	Franzöſiſch: Im Geſchäftsverkehre:	Franzöſiſch: Wiſſenſchaftl. Bezeichnung:
für Roheiſen:	*Pig iron*	*Tackjern*	*Fonte brute*	*Fonte de première fuſion*
für Guſseiſen:	*Caſt iron*	*Gjutjern*	*Fonte moulée*	*Fonte de deuxième fuſion.*

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 Flusseisen-Darstellung. Hierdurch mussten manche Bezeichnungen für die Hüttenerzeugnisse, welche früher allgemein üblich und bei denen Missverständnisse ausgeschlossen waren, veralten; namentlich betrifft dies die Benennung »Schmiedeeisen«, unter der man früher nur Puddel- oder Schweisseisen verstand.

221. Neuere Benennungen.

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 in Folge seiner Herstellung aus den Erzen eine grösere Menge von fremden Bestandtheilen, 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.

Besonders 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 Procent Kohlenstoff, schmiedbares Metall hingegen 2,3 Procent 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 Procent vorhanden, sobald man es auf ca. 500 Grad C. erwärmt und dann rasch abkühlt (in Wasser, Oel etc.). Derart härtbares Metall, welches grösere Sprödigkeit aufweist, heisst Stahl; das nicht härtbare, dafür aber geschmeidige und zähere Eisen wird hingegen Schmiedeeisen genannt.

Chemisch reines Eisen wäre technisch unbrauchbar.

Dem Gesagten entsprechend werden im Nachstehenden die verschiedenen Eisensorten in folgender Weise gruppirt werden:

1) Roheisen;
2) Schmiedeeisen: α) Schweisseisen,
   β) Flusseisen;
3) Stahl: γ) Schweissstahl,
   δ) Flussstahl.

222. Vergleichende Werthbestimmung.

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 Gebrauchswerthe 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 Werth einer bestimmten Eisensorte wenn möglich durch eine einzige Ziffer, Qualitäts-Coefficient oder Werthziffer genannt, auszudrücken.

Allen dieſen Wünſchen, insbeſondere den an letzterer Stelle angeführten Beſtrebungen, ſtehen groſse, zum Theile unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, weil die Anſchauungen darüber, in welcher Art und Weiſe die Feſtigkeitsproben vorgenommen werden ſollen, ſehr getheilt 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 zu Grunde gelegt werden ſoll, gehen die Anſchauungen aus einander. 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 Werthziffer durch das Product:

Zugfeſtigkeit (für 1 qcm) × Einſchnürung (in Procenten des urſprünglichen Querſchnittes),

im zweiten Falle durch das Product:

Zugfeſtigkeit (für 1 qcm) × Dehnung (in Procenten der urſprünglichen Länge)

ausgedrückt[118]).

Der erſte hervorzuhebende Schritt auf dem eben berührten Wege geſchah durch die »Denkſchrift über die Einführung einer ſtaatlich anerkannten Claſſification von Eiſen und Stahl. Ueberreicht von der techniſchen Commiſſion des Vereins deutſcher Eiſenbahn-Verwaltungen in der General-Verſammlung des Vereins am 19. und 20. Juli 1877«. Die darin enthaltenen Grundzüge wurden in der ein Jahr ſpäter veröffentlichten »Denkſchrift über die Einrichtung von Prüfungs-Anſtalten und Verſuchs-Stationen von Baumaterialien, ſo wie über die Einführung einer ſtaatlich anerkannten Claſſification der letzteren. Herausgegeben durch den Verband deutſcher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Berlin 1878« aufgenommen. In beiden Denkſchriften wurden an Stelle der früher beſtandenen Schlag-, Bieg- und Belaſtungsproben Zerreiſsproben geſetzt und als Maſs der Zähigkeit die Einſchnürung an der Zerreiſsſtelle zu Grunde gelegt. Hierdurch wurde der Widerſpruch des »Vereins deutſcher Hüttenleute« hervorgerufen, der durch eine beſondere Commiſſion ſich 1881 dahin ausſprach, daſs man die Zähigkeit von Eiſen und Stahl ſicherer durch Schlag- und Biegeproben erkennen könne und daſs die Dehnung beim Zerreiſsen ein zutreffenderes Maſs für die Zähigkeit ſei, als die Einſchnürung.

Auch die 1884 auf *Bauſchinger*'s Vorſchlag in München abgehaltene Conferenz von Fachmännern behufs Vereinbarung einheitlicher Methoden für die Prüfung von Bau- und Conſtructions-Materialien beſchäftigte ſich mit dem in Rede ſtehenden Gegenſtand[119]), eben ſo die gleichnamige Conferenz des

---

118) Aus der umfangreichen Literatur über den in Rede ſtehenden Gegenſtand ſei hervorgehoben:

Wöhler, A. Die Klaſſifikation 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.

Tetmajer, 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 Architecten-Verein. Hottingen-Zürich 1883.

Wöhler. Die Klaſſifikation 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.

Zetsche. Kontraktion oder Dehnung? etc. Civiling. 1884, S. 646.

Zur Klaſſifikation von Eiſen und Stahl. Civiling. 1885, S. 83, 148.

Einheitliche Benennungen von Eiſen und Stahl. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 290.

Grundzüge einer einheitlichen Benennung für Eiſen und Stahl. Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 276.

119) Siehe: Bauschinger, J. Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der K. techniſchen Hochſchule in München. Heft 14. München 1886. S. 55 u. ff.

Jahres 1886 zu Dresden; die gefafften Befchlüffe wurden durch eine Redactions-Commiffion in einer befonderen Schrift niedergelegt.

Im Jahre 1886 wurden vom Verbande deutfcher Architekten- und Ingenieur-Vereine, unter Mitwirkung des Vereins deutfcher Ingenieure und des Vereins deutfcher Hüttenleute »Normalbedingungen für die Lieferung von Eifenkonftruktionen für Brücken- und Hochbau (Hamburg 1886)« aufgeftellt, die fich indefs nur auf Schweifseifen bezogen. Später wurde von den beiden erftgedachten Vereinen ein Entwurf ausgearbeitet, der auch das Flufseifen in Rückficht zog; der Verein deutfcher Hüttenleute trat demfelben 1892 bei. (Normalbedingungen für die Lieferung von Eifenkonftruktionen für Brücken- und Hochbau, aufgeftellt von dem Verbande deutfcher Architekten- und Ingenieur-Vereine, dem Vereine deutfcher Ingenieure und dem Vereine deutfcher Hüttenleute. 2. Aufl. Hamburg 1893.) Die Beftimmungen diefer gegenwärtig mafsgebenden »Normalbedingungen« werden im Nachfolgenden, fo weit es der Zweck des vorliegenden Kapitels erheifcht, angeführt werden.

223. Roh- und Gufseifen.

Roheifen ift das Erzeugnifs des Hochofens; es ift leicht fchmelzbar, aber nicht fchmiedbar. Das umgefchmolzene Roheifen heifst Gufseifen.

Das Gufseifen, in der erften Zeit der Eifen-Conftructionen vorwaltend und oft mit Verfchwendung an Material zu Dachftühlen, Säulen und ganzen Gebäuden verwendet, verlor allmählich an Bedeutung, als man die Walzeifenerzeugung immer mehr ausbildete und die für Beanfpruchung auf Zug viel günftigeren Feftigkeits- und Elafticitätsverhältniffe des Schmiedeeifens zu beftimmen und auszunutzen lernte. Deffen ungeachtet wird auch gegenwärtig das Gufseifen noch vielfach und mit Vortheil als Conftructions-Material verwendet, wenn es fich um Bautheile handelt, die eine ruhende Belaftung zu tragen haben und im Wefentlichen nur auf Druckfeftigkeit beanfprucht werden, wie Säulen, Confolen etc. In folchen Fällen fchätzt man die Billigkeit und Leichtigkeit in der Herftellung folcher gufseiferner Conftructionen, bisweilen auch feine gröfsere Widerftandsfähigkeit gegen das Roften, die von der dichten aus Eifen-Oxydul-Oxyd beftehenden Gufshaut herrührt.

Die Leichtigkeit und Billigkeit der Herftellung von Gufskörpern machen das Gufseifen auch befonders geeignet zu Waffer leitungs- und Abortröhren, zu Dachfenftern und Dachziegeln, zu Treppenftufen und Belagplatten, zu Oefen, zu ornamentirten Geländerftäben, zu Laternenpfählen etc.

224. Schmiedeeifen.

Unter Schmiedeeifen verfteht man heute nicht mehr, wie früher, blofs das Puddeleifen, fondern man begreift darunter fowohl Schweifseifen, als auch Flufseifen. Gegenwärtig darf man wohl allgemein die Bezeichnung »Flufseifen« als Gattungsname für alles im flüffigen Zuftande (nach dem *Beffemer-*, *Thomas-* oder *Martin*-Verfahren) hergeftellte fchmiedbare Eifen anwenden; »Schweifseifen« hingegen ift das im teigigen Zuftande (durch das Herdfrifch- oder das Puddelverfahren) hergeftellte fchmied- oder fchweifsbare, aber nicht merklich härtbare Eifen.

Schmiedeeifen pflegt man wohl auch Stabeifen zu nennen, weil es in der Regel in Form von Stäben in den Handel gebracht wird; indefs hat die Bezeichnung »Stabeifen« häufig auch eine andere Bedeutung (fiehe unter c, 1).

Das Schmiedeeifen kommt in aufserordentlich mannigfachen Formen und Arten zur Verwendung und giebt wegen der Vervollkommnung des Walzverfahrens und wegen der genaueren Kenntnifs der günftigften Profile für die verfchiedenften Zwecke eine grofse Reihe von Handelsforten als Elemente der Eifen-Conftructionen. Der Zufammenhang der Form des Querfchnittes mit der Elafticität und Feftigkeit wird im nächften Halbbande (Statik der Hochbau-Conftructionen) diefes »Handbuches« und die Wahl der paffendften Eifenforten im III. Theile diefes »Handbuches« (Hochbau-Conftructionen) abgehandelt werden; hier werden nur die im Handel vorkommenden verfchiedenen Eifenerzeugniffe felbft zu befprechen fein.

Es ift für den Eifen-Conftructeur von grofser Wichtigkeit, die von den Fabriken im Grofsen für den Vorrath hergeftellten Handelsforten zu kennen; andererfeits müffen die Handelsforten den Anforderungen der gröfsten Tragfähigkeit bei günftigfter Form und geringftem Materialaufwand entfprechen, fo wie bequeme, in möglichft einfacher Steigerung zunehmende Abmeffungen aufweifen. Form und Abmeffungen der Handelsforten werden noch durch technifche, die Befchaffenheit befonders des Walzeifens betreffende Rückfichten mitbeftimmt. Aus diefen Gründen hat man fchon früh fog. Lehren und Normalabmeffungen feft gefetzt und feit längerer Zeit ftrebt man allgemein, befonders in Deutfchland, dahin, für alle Sorten »Normalprofile« aufzuftellen, weil nicht nur die Conftruction felbft erleichtert wird, fondern insbefondere der Preis und die Güte der Waare dadurch gewinnt.

225. Stahl.

Wie fchon in Art. 221 (S. 216) ausgeführt wurde, foll alles fchmiedbare Metall, welches fich härten läfft, Stahl genannt und nach früher Gefagtem Schweifs- und Flufsftahl unterfchieden werden.

Schweifsftahl ift hiernach das im teigigen Zuftande (durch das Herdfrifch- oder Puddelverfahren) gewonnene fchmiedbare, merklich härtbare Metall, und unter Flufsftahl ift, ähnlich wie beim Flufseifen, alles im flüffigen Zuftande (nach dem *Beffemer-*, *Thomas-* oder *Martin*-Verfahren) hergeftellte fchmiedbare Metall zu verftehen, jedoch nur dann, wenn es merklich härtbar ift. Die Grenze der Härtbarkeit des Flufsmetalls ift nicht feft ftehend; im Allgemeinen beginnt fie bei einem Kohlenftoffgehalt deffelben von etwa 0,25 Procent.

Wegen diefer Unficherheit in der Beftimmung der Härtefähigkeitsgrenze des Flufsmetalls wird von mancher Seite empfohlen, als Unterfcheidungsmerkmal zwifchen Flufseifen und Flufsftahl das Mafs der Zugfeftigkeit des Metalls zu Grunde zu legen; hiernach foll alles Flufsmetall, deffen Zugfeftigkeit gröfser als 5000 kg für 1 qcm ift, den Namen »Flufsftahl«, alles übrige den Namen »Flufseifen« erhalten.

In der unten genannten Quelle [120]) wird es mit einem gewiffen Recht als wiffenfchaftlicher bezeichnet, wenn man im Allgemeinen, ohne Rückficht auf den Härtegrad, immer nur von »Flufseifen« oder von »Flufsmetall« fpricht, und dafs man die Bezeichnung »Flufsftahl« blofs dann gebraucht, wenn man ausdrücklich eine harte Sorte von Flufsmetall befonders kennzeichnen will.

Genau läfft fich eine beftimmte Sorte Flufsmetall nur dadurch kennzeichnen, wenn man gleichzeitig feine Erzeugungsart (*Beffemer-*, *Thomas-*, *Martin-* etc. Verfahren), feinen Kohlenftoffgehalt, feine Zugfeftigkeit und feine fonftigen befonderen Eigenfchaften angiebt.

Der Stahl [121]) wird im Hochbau als Conftructions-Material verhältnifsmäfsig nur felten angewendet; derfelbe kommt wohl nur für grofse Dachftuhl-Conftructionen in Frage. Seiner Benutzung für den inneren Ausbau ift fchon gedacht worden.

226. Eigenfchaften und Proben.

Diejenigen Eigenfchaften, welche bei der Verwendung des Eifens zu Bau-Conftructionen hauptfächlich in Frage kommen, find nach *Mehrtens* [122]): Schmiedbarkeit, Dehnbarkeit, Härte, Härtbarkeit, Schweifsbarkeit und Zähigkeit. Die Proben, welche die Erkenntnifs diefer Eigenfchaften herbeizuführen beftimmt find, beftehen nach demfelben Fachmann in Befichtigungs-, mechanifch-technologifchen und chemifchen Proben.

Die Befichtigungsproben erfolgen durch den Augenfchein und mit Hilfe des Mikrofkops.

Die mechanifch-technologifchen Proben unterfcheidet *Mehrtens* als:

---

120) Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 290.

121) Franzofen, Engländer und Amerikaner nennen alles im flüffigen Zuftande erzeugte fchmiedbare Eifen »Stahl« (*Acier*, bezw. *Steel*). Die weicheren Sorten (Flufseifen) heifst man in Frankreich *Acier doux*, feltener *Fer fondu* (meift nur in der Wiffenfchaft), oder *Acier extra doux;* in England und America gebraucht man die Bezeichnungen *Soft ſteel*, *Low ſteel* und *Mild ſteel*. Härtere Sorten von Flufsmetall kennzeichnet man im Ausland, wenn erforderlich, durch den Zufatz *dur*, bezw. *hard;* in der Regel jedoch begnügt man fich mit der allgemeinen Bezeichnung *Acier*, bezw. *Steel*.

122) In: Handbuch der Baukunde. Abth. I, Bd. 2, Heft 1: Eifen und Eifenkonftructionen etc. Von G. Mehrtens. Berlin 1887. S 218.

1) mechaniſche oder Feſtigkeitsproben, und zwar Zug-, Druck-, Biege-, Abſcherungs-, Verdrehungs- und Knickfeſtigkeitsproben, und

2) technologiſche oder Brüchigkeitsproben, und zwar Biege-, Stauch-, Ausbreit-, Schweiſs-, Loch-, Härte- etc. Proben.

Für den Conſtructeur ſind die Feſtigkeitsproben von hervorragender Bedeutung. Man unterſcheidet bei denſelben

α) Ganz- und Theilproben, je nachdem ungetheilte (ganze) Gebrauchsſtücke oder abgetrennte Verſuchsſtücke 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 etc.« ſind für die Beurtheilung von zu Bau-Conſtructionen zu benutzendem Eiſen und Stahl Zerreiſs-, Biege- und Bearbeitungsproben maſsgebend. Mit ſichtbaren Fehlern behaftete Probeſtäbe dürfen nicht verwendet werden.

»Die Stäbe für Zerreiſsproben ſind von dem zu unterſuchenden Eiſen kalt abzutrennen und kalt zu bearbeiten. Die Wirkungen etwaigen Scherenſchnittes, ſo wie des Auslochens oder Aushauens ſind zuverläſſig zu beſeitigen. Ausglühen iſt, wenn das Gebrauchsſtück nicht ebenfalls ausgeglüht wird, zu unterlaſſen.

Auf den Probeſtäben iſt die Walzhaut möglichſt zu belaſſen.

Die Probeſtäbe ſollen in der Regel eine Verſuchslänge von 20 cm bei 3 bis 5 qcm Querſchnitt haben. Bei Rundſtäben von weniger als 2 cm Durchmeſſer iſt die Verſuchslänge gleich dem 10-fachen Durchmeſſer. Ueber die Verſuchslänge hinaus haben die Probeſtäbe nach beiden Seiten noch auf je 1 cm 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 Zerreiſsmaſchinen müſſen leicht und ſicher auf ihre Richtigkeit geprüft werden können.

Zu Biegeproben ſind Materialſtreifen von 3 bis 5 cm Breite oder Rundeiſenſtäbe von einer der Verwendung entſprechenden Dicke zu benutzen. Die Probeſtücke müſſen auf kaltem Wege abgetrennt werden. Die Kanten der Streifen ſind abzurunden.«

227. Beimengungen und Verunreinigungen.

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 beeinflufſt 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 verhältniſsmäſsig 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 der der Rothbruch 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. Gegenwärtig ſpielt die ſog. Entphosphorung des Eiſens eine groſse Rolle. Lange Zeit hindurch ſchien es, als ob die Abſcheidung des Phosphors aus dem Eiſen bei der Stahl- und Fluſseiſen-Darſtellung nur im Flammenofen möglich, im Converter 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 Gegenſatze zu Kaltbruch oder Rothbruch, welche, wie eben gezeigt wurde, durch die Gegenwart von Phosphor, bezw. Schwefel bedingt werden, ſcheint die Eigenſchaft des Blaubruches allen Eiſenſorten anzugehören; wenigſtens fehlen bis jetzt die Ermittelungen, ob beſtimmte im Eiſen enthaltene Stoffe für dieſe Eigenſchaft maſsgebend ſind.

228. Korn und Gefüge.

Der Gehalt an Kohlenſtoff bedingt auch zum groſsen Theil das Gefüge von Eiſen und Stahl. Die an der Bruchfläche ſichtbaren Eiſenkryſtalle bilden das Korn, und das kryſtallartige Gefüge wird körnig genannt. Die Korngröſse nimmt mit einem Kohlenſtoffgehalt bis zu 2 Procent ab, wächst aber bei einem Kohlenſtoffgehalt von über 2 Procent. Beimengung von Phosphor vergröſsert das Korn; Silicium und Schwefel, eben ſo 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 Axe 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 ca. 0,6 Procent iſt dieſe Möglichkeit nicht mehr vorhanden. Deſshalb entſtehen in Stahlſorten von groſsem Kohlenſtoffgehalt beim Schmieden keine Sehnen [123]).

Man war früher der Anſicht, daſs durch lange andauernde, ſtoſsartige Wirkungen das Gefüge des Eiſens geändert, namentlich daſs es dadurch grobkörnig werde. Dies iſt indeſs nicht der Fall; zahlreiche Verſuche und Beobachtungen vermochten einen Nachweis dafür nicht zu liefern.

Eben ſo iſt die Anſchauung, daſs bei der fortgeſetzten Beanſpruchung einer tragenden Conſtruction innerhalb der gebräuchlichen Sicherheitsgrenzen die Feſtigkeit derſelben allmählich abnehme, in keiner Weiſe erwieſen.

Die Beurtheilung 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 Schliffe iſt mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden, erfordert eigenartige Einrichtungen und Geräthe, groſse Uebung und Sachkenntniſs des Anfertigers. Häufig ſtehen den Erzeugern und Verbrauchern des Metalls die nöthigen Hilfsmittel nicht zu Gebote. Die chemiſch-techniſche Verſuchsanſtalt zu Berlin beſitzt eine beſondere Abtheilung für die Herſtellung mikroſkopiſcher Schliffe [124]).

Zur Unterſuchung mit dem Mikroſkop kann auch noch das Aetzverfahren hinzutreten. Aetzt 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. *Kick* dürfte das Aetzverfahren zuerſt ſyſtematiſch zur Erkennung verſchiedener Eiſenſorten benutzt haben.

Weiches oder ſehniges Schmiedeeiſen von vorzüglicher Beſchaffenheit wird durch Aetzung mit 1 Theil Salzſäure, 1 Theil Waſſer und einer Spur Antimonchlorid vollkommen gleichmäſsig angegriffen und bleibt licht und matt glänzend; Feinkorneiſen wird etwas dunkler, aber auch höchſt gleichförmig

123) 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.

124) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 170.

angegriffen. Grobkorneifen und kaltbrüchiges Eifen werden weit ftärker geätzt; ein fchwarzer Schlamm bedeckt die porig angefreffene Aetzfläche. Schmiedbarer Eifenguls (getempertes Eifen) wird viel ftärker zerfreffen, und zwar ebenfalls ungleichförmiger, als Schmiedeeifen. Puddelftahl und Cementftahl geben graue, fehr ähnlich ausfehende Aetzflächen. *Beffemer-* und Gufsftahl find je nach dem Grade der Härte an den ganz gleichförmig ausfehenden Aetzflächen dunkler oder lichter grau. Haarriffe treten ftets fcharf hervor. Roheifen zeigt als graues Gufseifen dunkelgraue, als weifses Gufseifen lichtgraue Aetzung; die Mittelforten beider laffen die eingemengten Theilchen grauen Eifens deutlich erkennen. Im Allgemeinen zeigt fich, dafs Eifen aus verfchiedenen Sorten packetirt ftets jene Sorte ftärker als gewöhnlich angegriffen zeigt, welche leichter ätzbar ift, und die fchwerer angreifbare weit geringer, als wenn fie für fich geätzt wird.

229. Mechanifch-technologifche Proben.

Um die Elafticitäts-, Feftigkeits- und Zähigkeitsverhältniffe der verfchiedenen Eifen- und Stahlforten zu prüfen, bedient man fich der Feftigkeits-Prüfungsmafchinen, Feftigkeitsmafchinen kurzweg genannt. Man hat Univerfal-Feftigkeitsmafchinen, unter denen vor Allem die von *Werder* zu nennen ift, auf welchen man die gefammten in Rede ftehenden Verhältniffe unterfuchen kann, und einfachere Feftigkeitsmafchinen, auf denen man nur gewiffe Proben, z. B. Zugfeftigkeitsproben etc., vorzunehmen in der Lage ift.

Conftruction und Gebrauch folcher Mafchinen zu befchreiben, geht über den Rahmen der vorliegenden Betrachtungen hinaus. Es fei nur auf die auf S. 62 namhaft gemachte einfchlägige Literatur und auf das mehrfach genannte *Mehrtens*'fche Buch (S. 253 u. ff.) aufmerkfam gemacht.

Zur Ausführung von Biegeproben können die gröfseren Univerfal-Feftigkeitsmafchinen gleichfalls verwendet werden. Zur Prüfung kleinerer Stücke find auch einfache mechanifche Vorrichtungen, fog. Biegepreffen, conftruirt worden.

230. Chemifche Proben.

Chemifche Proben werden meiftens nur von den Hüttentechnikern vorgenommen; es ift denfelben indefs, wenigftens nicht für fich allein, kein zu grofser Werth beizumeffen, weil es nach dem heutigen Stande der Technik nicht möglich ift, aus der Kenntnifs der chemifchen Eigenfchaften allein einen ficheren Schlufs auf die phyfikalifchen zu ziehen und eben fo wenig umgekehrt[125]).

231. Elafticität.

Die Elafticität von Eifen und Stahl ift bei den meiften Conftructionen, die aus diefen Bauftoffen hergeftellt werden, von grofser Wichtigkeit. Die Elafticitätsziffer (-Coefficient oder -Modul) ift bei verfchiedenen Gattungen derfelben Eifenart nicht fehr fchwankend; bei einer und derfelben Eifen-Conftruction (Decke, Dach etc.) fchwankt diefelbe nach *Winkler* in den einzelnen Theilen wohl nicht mehr als 5 bis 8 Procent. Durch Strecken, Schmieden, Walzen und andere gewaltfame Verfahren bei nicht zu hoher Temperatur vermindert fich die Ziffer etwas. Der Kohlenftoffgehalt ift bei derfelben Art des Eifens, z. B. beim Stahl, nicht von grofsem Einflufs; der Gehalt an Phosphor verringert die Elafticitätsziffer.

Die Elafticitätsgrenze, die bei den verfchiedenen Sorten von Eifen und Stahl verfchieden ift, wird bei einer wiederholten Beanfpruchung, z. B. bei wiederholtem Durchbiegen, erhöht; durch Ausglühen kann die fo erhöhte Grenzziffer (-Coefficient) wieder vermindert werden. Durch kalte Bearbeitung, wie Hämmern, Walzen etc., wird die Elafticitätsgrenze gleichfalls erhöht; durch Rothglühhitze und darauf folgende Abkühlung im Waffer erhöht fich die Grenzziffer des Stahles und auch (obwohl in geringerem Mafse) die des Schmiedeeifens. Phosphorgehalt und zunehmender Kohlenftoffgehalt erhöhen die Elafticitätsgrenze.

232. Gewicht.

Das Einheits- (fpecififche) Gewicht des Roheifens wechfelt (nach *Heinzerling*) zwifchen 6,61 und 7,79 und beträgt im Mittel 7,21; das Einheitsgewicht des Schmiede-

125) Siehe: Mehrtens, a. a. O., S. 218.

eisens 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, Cementstahl 7,26 bis 7,80, Frischstahl 7,50 bis 7,80 und Gussstahl 7,80 bis 7,90.

233. Ausdehnung durch Wärme.

Innerhalb der Temperaturschwankungen, welche bei Hochbauten in Frage kommen, dehnt sich das Eisen proportional der Temperaturerhöhung aus. Es betragen die linearen Ausdehnungsziffern (-Coefficienten für 1 Grad C.) von Gusseisen, Schmiedeeisen und Stahl nach *Heinzerling* bezw. 0,0000132, 0,0000145 und 0,0000135. Nach *Mehrtens* ist die Ausdehnungsziffer des Schmiedeeisens zu 0,0000118 der ursprünglichen Länge anzunehmen und die Ausdehnung des Stahls durch die Wärme um etwa 8 Procent grösser, als bei Schmiedeeisen anzusetzen. Auf Längenänderungen in Folge des Temperaturwechsels ist bei allen Eisen-Constructionen mit nicht zu unterschätzender Sorgfalt Rücksicht zu nehmen.

234. Rost.

In vollkommen trockener Luft bleibt die Oberfläche des Eisens unverändert; Eisen hingegen, welches feuchter Luft ausgesetzt ist, bedeckt sich mit einem braunen Ueberzug, dem sog. Rost. Derselbe besteht aus einem Eisenoxyd-Hydrat, dem bald mehr, bald weniger Eisenoxydul, meist auch etwas Kohlensäure, beigemengt ist. Die Bildung des Rostes setzt sich, wenn keine Vorkehrungen dagegen getroffen werden, ununterbrochen fort, indem das noch unberührte Eisen aus dem Rostüberzug und letzterer aus der umgebenden Luft Sauerstoff anzieht; dies geht so lange fort, bis das gesammte Eisen vom Rost ergriffen (durchrostet) ist. Die Gegenwart von Säuren, namentlich Kohlensäure und Salzsäure, begünstigt die Rostbildung; Alkalien hingegen wirken derselben entgegen.

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, eben so über die Mittel, durch welche man die Rostbildung zu verhindern bestrebt ist, wird noch später die Rede sein.

235. Bearbeitung und Handelsforten.

Die Be- und Verarbeitung des Eisens und Stahls ist eine ungemein mannigfaltige. Durch Giessen, Hämmern, Tempern, Schweissen, Walzen, Feilen, Hobeln, Fräsen, Drehen, Stanzen, Bohren etc. lässt sich das Metall in die verschiedenartigsten Formen bringen und auch dessen Beschaffenheit verändern. Das Gebiet dieser grossentheils mechanischen, zum Theile 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 Vorrath hergestellt werden.

Es ist interessant, auch hier den glücklichen Durchbruch einheitlicher Bestrebungen verzeichnen zu können, und namentlich offenbart sich der beginnende Einfluss der ersten praktischen Errungenschaften der noch verhältnismässig jungen Festigkeitslehre hier in höchst erfreulicher Weise. Sachgemässe Verwerthung 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 Conſtructions-, ſondern als Ausbau-Material auftritt, haben ſich einheitliche Beſtrebungen geltend gemacht und zum nicht geringen Theile 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 Eiſen, ſeine Gewinnung und Verwendung. Eine monographiſche Skizze. Hamburg 1876.

Doukoupil. Das Eiſen als Bauſtoff. Biſtritz 1877.

Organ für die Fortſchritte des Eiſenbahnweſens in techniſcher Beziehung. Suppl.-Bd. 7: Die Eigenſchaften von Eiſen 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 Darſtellung des Eiſens und der Eiſenfabrikate. Wien, Peſt und Leipzig 1881.

Deshayes, V. *Claſſement et emploi des aciers.* Paris 1882.

Macy. Betrachtungen über die hauptſächlichſten Conſtructionsmaterialien Eiſen und Stahl. Eiſenb., Bd. 17, S. 27.

Du fer et de l'acier doux, conſidérés comme matériaux de conſtruction. Encyclopédie d'arch. 1882, S. 4, 19, 41.

Einheitliche Nomenclatur und Claſſification von Bau- und Conſtructionsmaterialien. 1. Theil: Eiſen und Stahl. Herausg. durch den ſchweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürich 1883.

Thurston, R. H. *Materials of engineering. Part 2d: Metallic materials, iron and ſteel.* New-York 1883.

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.

Martens, A. Eiſen und Stahl. Zeitſchr. d. Ver. deutſcher Ing. 1883, S. 51.

Greenwood, W. *Steel and iron, etc.* London 1884.

Beck, L. Die Geſchichte des Eiſens in techniſcher und kulturgeſchichtlicher Beziehung. Braunſchweig. Erſcheint ſeit 1884.

Considère. *Mémoire ſur l'emploi du fer et de l'acier dans les conſtructions. Annales des ponts et chauſſées* 1885—I, S. 574; 1886—I, S. 5. — Deutſche Ueberſetzung: Die Anwendung von Eiſen und Stahl bei Conſtructionen. Von E. Hauff. Wien 1888.

Handbuch der Baukunde. Abth. 1, Bd. 2, Heft 1: Eiſen und Eiſenkonſtruktionen etc. Von G. Mehrtens. Berlin 1887.

Ledebur, A. Eiſen und Stahl in ihrer Anwendung für bauliche und gewerbliche Zwecke. Berlin 1890.

Campredon, L. *L'acier. Hiſtorique, fabrication, emploi.* Paris 1890.

Flufseiſen und deſſen gegenwärtige Stellung als Bauconſtructions-Material. Uhland's Techn. Rundſchau, Jahrg. 8, S. 85, 90, 102, 114.

Ferner:

Iron. Journal of ſcience, metals and manufactures in iron and ſteel. London. Erſcheint ſeit 1873.

Eiſen-Zeitung etc. Red. von W. Kirchner. Berlin. Erſcheint ſeit 1880.

La fonte et le fer. Paris. Erfcheint feit 1881.

Stahl und Eifen. Zeitfchrift für das deutfche Eifenhüttenwefen. Red. von E. Schrödter u. W. Beumer. Erfcheint feit 1881.

Les métaux ouvrés. Emploi du fer, de la fonte, du cuivre, du zink etc. dans la conftruction et la décoration. Paris. Erfcheint feit 1882.

Oefterreichifch-ungarifche Eifen-Zeitung. Fachblatt für Eifen-, Stahl-, Metall- etc. Induftrie. Red. v. Rappa. Wien. Erfcheint feit 1885.

Eifen und Metall. Fachblatt für Handel und Fabrikation von Eifen- und Metallwaaren. Berlin. Erfcheint feit 1886.

Metall- und Eifen-Zeitung. Herausg. von E. A. Sittig & Sohn. (Deutfch und engliſch.) Leipzig. Erfcheint feit 1893.

b) Roh- und Gufseifen.

236. Roheifen.

Wie fchon in Art. 223 (S. 218) gefagt wurde, ift Roheifen das unmittelbar aus dem Hochofen hergeftellte Eifen; daffelbe ift leicht fchmelzbar, aber nicht fchmiedbar. Nach der Farbe und dem Gefüge unterfcheidet man:

1) weifses oder körniges Roheifen,
2) ftrahliges Roheifen oder Spiegeleifen,
3) halbirtes Roheifen und
4) graues Roheifen.

Im weifsen Roheifen ift hauptfächlich chemifch gebundener Kohlenftoff enthalten; das graue Roheifen kennzeichnet fich durch eine Beimengung von Graphit, den man auf der frifchen Bruchftelle bei oberflächlicher Betrachtung ausfchliefslich wahrnimmt. Roheifen, auf deffen Bruchfläche aufser Graphit auch eine weifse Grundmaffe zu fehen ift, heifst halbirtes Roheifen; folches, welches einen fehr hohen Kohlenftoffgehalt befitzt, wird wegen feiner glänzenden, grofsblätterigen, fpiegelartigen Abfonderungsflächen Spiegeleifen genannt.

Nach feiner Herftellung läfft fich das Roheifen als Cokes-Roheifen und Holzkohlen-Roheifen unterfcheiden; das letztere zeichnet fich vor erfterem durch eine gröfsere Feftigkeit aus, welche der gröfseren Reinheit deffelben entftammt.

Das weifse Roheifen ift aufserordentlich hart, fo dafs es mit der Feile nicht bearbeitet werden kann; der Einwirkung feuchter Luft widerfteht es lange Zeit, eben fo auch chemifchen Einflüffen.

Das graue Roheifen wird hauptfächlich als Giefserei-Roheifen verwendet; nur fehr felten wird es im Puddelofen verarbeitet.

237. Gufseifen.

Gufseifen wurde in Art. 223 (S. 218) als umgefchmolzenes Roheifen erklärt. Da indefs Gufswaaren auch unmittelbar vom Hochofen weg erzeugt werden, fo fchlug ein vom Oefterreichifchen Ingenieur- und Architekten-Verein eingefetzter Ausfchufs 1893 vor, unter der Bezeichnung Gufseifen in der Regel ein graues, ausnahmsweife ein halbirtes Roheifen zu verftehen, wenn es durch die formgebenden Arbeiten des Schmelzens und Giefsens zu Gebrauchsgegenftänden (Gufswaaren) verarbeitet worden ift.

Gufseifen, welches durch Abnutzung oder aus anderen Gründen unbrauchbar geworden ift, wird häufig Brucheifen genannt.

Die aus Gufseifen auszuführenden Conftructionstheile eines Bauwerkes find, wenn nicht aus befonderen Gründen Hartgufs oder andere Gufseifenforten gewählt werden, nach den »Normalbedingungen etc.« aus grauem weichem Eifen fauber und fehlerfrei herzuftellen. Es mufs möglich fein, mittels eines gegen eine rechtwinkelige

Kante des Gufsftückes mit dem Hammer geführten Schlages einen Eindruck zu erzielen, ohne dafs die Kante abfpringt.

Das graue Roheifen wird hauptfächlich wegen feiner nicht zu grofsen Härte und Sprödigkeit und wegen gröfserer Leichtflüffigkeit vorgezogen. Es hat auf dem Bruche eine hellbläulich-graue Farbe mit beträchtlichem Metallglanz und feinkörnigem Gefüge. Farbe und Gefüge follen durchwegs gleich fein; nur in der Nähe der Haut kann die Farbe etwas lichter und das Gefüge feiner fein. Die Haut felbft foll glatt, rein und ohne Unterbrechung mit regelmäfsigen Flächen und fcharfen Kanten fein. Fleckiger, geflammter oder gefladerter Bruch von verfchiedenfarbigem Eifen oder grofsen Kornflecken, insbefondere aber fichtbare Poren und Höhlungen machen das Eifen unzuverläffig. Luftblafen im Inneren erkennt man durch Abklopfen der Oberfläche mittels eines Hammers.

Da fehlerfreier Gufs hauptfächlich unter Druck erzielt wird, follte der Architekt ftets fordern, dafs Säulen, Röhren etc. in aufrechter Stellung gegoffen und am beften »mit verlorenem Kopfe«, d. h. einer überftehenden Gufsmaffe verfehen werden, welche den Druck auf das Gufsftück vermehrt, die Blafen in fich aufnimmt und nach dem Erkalten abgefchlagen wird.

Da die Gufshaut eine gröfsere Feftigkeit befitzt, als das Innere und zugleich gegen Roft fchützt, fo follte fie bei wichtigen Conftructionen nicht verletzt oder abgedreht werden.

238. Gewicht. Ueber das Eigengewicht des Gufseifens wurden in Art. 232 (S. 222) bereits Angaben gemacht. Denfelben fei hier hinzugefügt, dafs nach *Mehrtens* das Einheitsgewicht zwifchen 7,0 und 7,6 fchwankt; es nimmt mit dem Gehalt an Kohlenftoff und anderen fremden Körpern zu. Das weifse Roheifen hat ein geringeres Einheitsgewicht, als graues Roheifen. Je gröfser die Abmeffungen eines Gufsftückes find, je gröfser alfo fein Rauminhalt ift, defto geringer ift feine Dichtigkeit; man kann feine Dichtigkeit erhöhen, wenn man beim Giefsen den vorerwähnten verlorenen Kopf in Anwendung bringt.

Nach den »Normalbedingungen etc.« ift bei Gufseifen das Eigengewicht zu 7250 kg für 1 cbm anzunehmen.

239. Schmelzpunkt; Ausdehnung und Schwinden. Der Schmelzpunkt des Roheifens ift zwifchen 1050 und 1200 Grad C. gelegen.

Die Gröfse der Ausdehnung in Folge von Temperaturfchwankungen oder die fog. Ausdehnungsziffer ift bereits in Art. 233 (S. 223) mitgetheilt worden. Eben fo wichtig, wie diefe, ift für gufseiferne Bautheile die fog. Schwindungsziffer (-Coefficient); der Architekt, welcher Zeichnungen einer Giefserei übergiebt, hat das Schwindmafs, welches linear 0,0104 beträgt, jedesmal zu berückfichtigen und auch anzugeben, ob die Zeichnungen im Schwindmafsftab angefertigt find oder nicht.

240. Elafticität. Ueber die Elafticität des Gufseifens find nur wenige Verfuche angeftellt worden; *Buchanan*, *Fairbairn*, *Hodgkinfon*, *Rondelet*, *Tredgold* u. A. haben folche vorgenommen. Die Elafticitätsziffer ift zwifchen 672 und 1730 t für 1 qcm gelegen; nach *Winkler* kann fie im Mittel zu 1000 t für 1 qcm angefetzt werden. Die Elafticitätsgrenze (Grenzziffer, Spannung an der Elafticitätsgrenze) ift unbekannt; fie wird für Zug zu 0,44 bis 0,75, für Druck zu 1,33 bis 1,94 t für 1 qcm gefchätzt; erftere beträgt ungefähr $\frac{1}{2}$, letztere $\frac{1}{5}$ der bezüglichen Feftigkeitsziffer. Indefs gründen fich diefe Zahlen auf keinerlei zuverläffige Verfuche.

241. Feftigkeit. Die Feftigkeitsverhältniffe des Gufseifens kennzeichnen fich im Vergleich mit jenen von Schmiedeeifen und Stahl durch die bedeutend höhere Druckfeftigkeit gegenüber der Zugfeftigkeit und durch die verfchiedenen Werthe für Zugfeftigkeit, welche fich ergeben, fobald man daffelbe Material einmal auf Zug und das andere Mal auf Biegung in Anfpruch nimmt. Nach den Verfuchen von *Fairbairn* und

Hodgkinſon ſchwanken die Werthe der verſchiedenen Feſtigkeiten wenig, je nachdem das Gufseiſen mit kaltem oder erhitztem Gebläſewind erblaſen wurde; hingegen erhöht ſich die Druckfeſtigkeit durch oftmaliges Schmelzen in bedeutendem Maſse.

Auch über die Zugfeſtigkeit des Gufseiſens liegen nur wenige Verſuche von *Brown*, *Hodgkinſon*, *Rennie* etc. vor. Die Ziffern ſchwanken zwiſchen 660 und 2410 kg für 1 qcm und geben einen Mittelwerth von 1300 kg für 1 qcm. *Mehrtens* giebt 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 Druckfeſtigkeit wurde insbeſondere von *Hodgkinſon* und *Rennie* unterſucht und in den Mittelwerthen zwiſchen 5680 und 8900 kg für 1 qcm gefunden. *Mehrtens* bemiſſt dieſelbe für gewöhnliche Eiſenſorten mit 5000 kg und für vorzügliche Sorten mit 10000 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 Abſcherungsfeſtigkeit kann man nach *Rankine* durchſchnittlich 1950 kg und für Biegungsfeſtigkeit im Mittel 2860 kg für 1 qcm annehmen; doch iſt auf den letzteren Coefficienten 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 Eiſenſorten zu 2550 kg und bei vorzüglichen Sorten zu 5000 kg für 1 qcm an.

Nach den »Normalbedingungen etc.« ſoll die Zugfeſtigkeit bei Gufseiſen mindeſtens 1200 kg für 1 qcm betragen. Ein unbearbeiteter quadratiſcher Stab von 3 cm Seitenlänge, auf zwei 1 m von einander entfernten Stützen liegend, muſs eine allmählich bis zu 450 kg zunehmende Belaſtung in der Mitte aufnehmen können, bevor er bricht[126]).

Ein geringer Gehalt an gebundenem Kohlenſtoff (bis etwa 1 Procent) vermehrt die Feſtigkeit des Gufseiſens; groſser Kohlenſtoffgehalt vermindert dieſelbe. Durch Erwärmung wird die Feſtigkeit des Gufseiſens gleichfalls verringert; gufseiſerne Freiſtützen haben bei höheren Wärmegraden eine geringere Tragfähigkeit, als bei gewöhnlicher Temperatur. Strenge Kälte vermindert die Feſtigkeit des Gufseiſens auch; insbeſondere wird es dadurch gegen Stöſse ſehr empfindlich.

242. Zähigkeit und Härte.

Die Zähigkeit des Gufseiſens wird durch einen geringen Gehalt an gebundenem Kohlenſtoff verringert; enthält daſſelbe 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 Gufseiſens keinen Einfluſs.

Die Härte des Gufseiſens wird durch Gehalt an Phosphor und Schwefel nur wenig vermehrt; durch Mangangehalt wird ſie bedeutend geſteigert. Enthält das Gufseiſen wenig Silicium, ſo wird ſeine Härte verringert; groſser Siliciumgehalt ſteigert ſie.

Nach *Ledebur* kann man die folgenden Härtegrade von Gufseiſen unterſcheiden:

1) Geringſte Härte beſitzen die graphitreichſten, manganarmen Sorten mit 2 bis 3 Procent Silicium und weniger als 1 Procent Mangan; ſie ſind mit Schneidewerkzeugen am leichteſten zu bearbeiten.

126) Ueber die Prüfung von Gufseiſen ſiehe auch die Referate über die 1886 in Dresden abgehaltene Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Conſtructions-Materialien (Aufg. 14: Die Prüfungsmethoden für Gufseiſen) in: Bauschinger, J. Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der k. techniſchen Hochſchule in München. Heft 22. München 1894. S. 48.

2) Härter und daher auch ſchwerer bearbeitbar ſind diejenigen Sorten, welche unter 2 Procent oder über 3 Procent Silicium enthalten.

3) Groſse Härte zeigen die Sorten mit 1 bis 2 Procent Mangangehalt.

4) Die gröſste Härte beſitzen Sorten mit 4 bis 5 Procent Mangangehalt, ſo daſs ſie ſich mit der Feile nur ſchwer bearbeiten laſſen.

243. Gufswaaren.

Unter den Gufswaaren, die im Handel vorkommen, ſpielen Säulen und Röhren die gröſste Rolle. Die erſteren haben ſehr verſchiedene Abmeſſungen und eine äuſserſt mannigfaltige Geſtalt erhalten. Für Gufseiſenröhren, die in erſter Reihe für Waſſer- und Dampfleitungen beſtimmt ſind, allein ſonſt noch für die verſchiedenartigſten Zwecke benutzt werden, hat der »Verein deutſcher Ingenieure« gemeinſam mit dem »Vereine der Gas- und Waſſerfachmänner Deutſchlands« Normalien aufgeſtellt, die ſich auf Flanſchen- und Muffenröhren ſammt zugehörigen Schiebern, Hähnen und Ventilen beziehen und in der neben ſtehenden Tabelle niedergelegt ſind.

Ferner finden ſich Herdplatten in normalen Abmeſſungs-Abſtufungen, wie ſie der zweite öſterreichiſch-ungariſche Eiſen-Berathungstag aufgeſtellt hat, ziemlich allgemein im Handel vor. Eben ſo erzeugen die verſchiedenen Hüttenwerke gerippte und geriefte Platten für verſchiedene Zwecke, Wendeltreppen, Oefen, Geländerſtäbe, Candelaber, Dachziegel, Dachfenſter etc. in beſtimmten Formen und Gröſsen, die in der Regel nach Nummern unterſchieden werden. Endlich ſeien noch Conſolen, Unterlagsplatten, Träger, Laternenarme, Brunnenſchalen, Stallkrippen, Raufen, Gufs-Ornamente, wie Roſetten, Löwenköpfe etc., erwähnt. Einzelne dieſer Erzeugniſſe werden wohl auch zum Schutze gegen Roſt verzinkt oder mit einem Email-Ueberzug (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 Formſandes, des Lehms, der Holzkohlen und aller übrigen Materialien unbedingtes Erforderniſs iſt. Es können nur gute Erfolge erzielt werden mit einem Stamm tüchtig geſchulter und intelligenter Arbeiter, die ſich die nöthige Fingerfertigkeit und Geſchicklichkeit angeeignet haben, die Modelle und Formtheile mit der nothwendigen Vorſicht und Ruhe zu behandeln. Dem Ornamentguſs insbeſondere iſt die Behandlung der Modelle eigenthümlich [127]).

Eiſengufswaaren können nachträglich ſchmiedbar gemacht werden, und es entſteht dadurch der ſchmiedbare Eiſenguſs, auch Weichguſs oder Temperguſs genannt.

Unter Tempern verſteht man das Verfahren, harte Gufswaaren 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 Gufseiſens in körniges graues umgewandelt. Der eigentliche ſchmiedbare Guſs entſteht, wenn man die gegoſſenen Gegenſtände durch das ſog. Glühfriſchen (ſiehe Art. 289) unter Anwendung chemiſcher Mittel derart tempert, daſs der gebundene Kohlenſtoff in Folge oxydirender Einflüſſe verbrennt und dadurch das Eiſen ſchmiedbar wird.

Werden Gufswaaren durch Gieſsen des Eiſens in eiſerne Formen an ihrer Oberfläche beſonders hart gemacht, ſo werden ſie zu Hartgufswaaren.

Die für die Herſtellung der Gufswaaren erforderlichen Formen können offen, in Sandmaſſe oder in Lehm ausgeführt ſein; hiernach kann man Herdguſs, Sandmaſſenguſs und Lehmguſs unterſcheiden.

---

[127]) Siehe auch: Eiſen-Kunſtguſs. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 64.

Normal-Tabelle

für gufseiferne Flanfchen- und Muffenrohre, Schieber, Hähne und Ventile.

Gemeinfchaftlich aufgeftellt vom Vereine deutfcher Ingenieure und vom Vereine der Gas- und Waffcrfachmänner Deutfchlands.

Lichter Durchmeffer D	Normale Wandftärke δ für 6 bis 7 Atmofphären	Flanfchenrohre							Muffenrohre							Schieber, Hähne und Ventile		
		Flanfchen-durchmeffer D'	Flanfchendicke f	Baulänge	Gewicht eines Rohres (abgerundet)	Gewicht eines Flanfches nebft Anfchlufs (abgerundet)	Gewicht von 1 m Rohr ausfchl. Flanfch	Schenkellänge der Krümmungs- und T-Stücke $L = D + 100$	Aeufserfter Muffendurchmeffer	Innerer Muffendurchmeffer	Tiefe der Muffe	Gewicht für 1 lauf. Meter ausfchl. Muffe	Gewicht der Muffe	Gewicht für 1 lauf. Meter Baulänge einfchl. Muffe (abgerundet)	Baulänge	Schieberlänge von Flanfch zu Flanfch $D + 200$	Durchgangsventile und gufseiferne Hähne; Länge von Flanfch zu Flanfch $2D + 100$	Eckventile; Länge der Schenkel von Mitte bis Flanfch $D + 50$
40	8	150	18	2	21,4	2	8,75	140	120	69	74	8,75	2,00	10	2	240	180	90
50	8	160	18	2	25,5	2,2	10,08	150	132	81	77	10,58	2,60	12	2	250	200	100
60	8,5	175	19	3	45	2,7	13,26	160	143	91	80	13,26	3,15	15	3	260	220	110
70	8,5	185	19	3	51,4	2,9	15,20	170	153	101	82	15,195	3,70	17	3	270	240	120
80	9	200	20	3	61,7	3,5	18,25	180	164	112	83	18,25	4,32	20	3	280	260	130
90	9	215	20	3	68,8	4	20,30	190	175	122	86	20,30	5,00	22	3	290	280	140
100	9	230	20	3	76	4,4	22,32	200	186	133	88	22,32	5,80	24,5	3	300	300	150
125	10	260	21	3	98	5,6	28,94	225	213	158	91	28,94	7,34	32	3	325	350	175
150	10	290	22	3	122	6,9	36,45	250	242	185	94	36,45	8,90	39	3	350	400	200
175	10,5	320	22	3	149	8	44,38	275	270	211	97	44,38	10,61	48	3	375	450	225
200	11	350	23	3	178	9,6	52,91	300	299	238	99	52,91	12,33	57	3	400	500	250
225	11,5	370	23	3	206	9,9	61,96	325	315	264	100	61,96	14,32	67	3	425	550	275
250	12	400	24	3	238	11,6	71,61	350	351	291	101	71,61	16,32	77	3	450	600	300
275	12,5	425	25	3	273	12,9	82,30	375	378	317	102	82,30	19,12	89	3	475	650	325
300	13	450	25	3	306	13,7	93,00	400	406	343	104	93,00	21,93	100	3	500	700	350
325	13,5	490	26	3	343	17,2	102,87	425	433	368	105	102,87	24,91	111	3	525	750	375
350	14	520	26	3	376	18,9	112,75	450	460	394	106	112,75	27,90	122	3	550	800	400
375	14	550	27	3	415	21,5	124,04	475	489	421	107	124,04	30,00	134	3	575	850	425
400	14,5	575	27	3	456	22,6	136,85	500	518	448	109	136,85	34,09	148	3	600	900	450
425	14,5	600	28	3	484	24,5	145,16	525	545	473	110	145,16	37,27	158	3	625	950	475
450	15	630	28	3	539	26,5	162,00	550	573	499	111	162,00	40,45	176	3	650	1000	500
475	15,5	655	29	3	582	28,6	178,84	575	600	525	112	174,84	44,09	190	3	675	1050	525
500	16	680	30	3	624	30,7	187,68	600	628	551	114	187,68	47,74	204	3	700	1100	550
550	16,5	740	33	3	723	39	214,97	—	682	603	116	214,97	55,33	234	3	750	—	—
600	17	790	33	3	813	42	243,28	—	736	655	119	243,28	63,52	265	3	800	—	—
650	18	840	33	3	916	43	276,60	—	791	707	122	276,60	73,47	301	3	850	—	—
700	19	900	33	3	1034	50	311,27	—	846	759	125	311,27	84,63	340	3	900	—	—
750	20	950	33	3	1148	53	347,96	—	897	812	127	347,96	94,40	380	3	950	—	—
800	21	1020	36	3	1297	68	378,10	—	949	866	129	387,10	104,64	422	3	1000	—	—
900	22,5	1120	36	3	1567	74	472,81	—	1066	968	134	472,81	135,94	518	3	1100	—	—
1000	24	1220	36	3	1872	96	560,00	—	1177	1074	140	560,00	168,47	616	3	1200	—	—
Millim.		Millim.		Meter	Kilogramm			Millim.	Millimeter			Kilogramm			Meter	Millimeter		

Die für Gasleitungen beftimmten gufseifernen Röhren haben die nachftehenden Abmeffungen 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 lauf. Met. 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.

244. Roftvermögen etc. Je dichter und glatter die Oberfläche des Gufseifens ift, defto beffer widerfteht es dem Roften; Spiegeleifen roftet fchwerer als weifses körniges Roheifen, diefes fchwerer als graues Cokes-Roheifen und letzteres wieder fchwerer als graues Holzkohlen-Roheifen.

Nach Verfuchen, die *Gruner* über das Verhalten verfchiedener Eifen- und Stahlforten gegen feuchte Luft, Seewaffer und angefäuertes Waffer in der erften Hälfte der achtziger Jahre angeftellt hat, verliert Gufseifen durch feuchte Luft im Laufe von 20 Tagen etwa 2 g für je 2 qdm Oberfläche an Gewicht, Spiegeleifen weniger. Seewaffer erweist fich namentlich für Spiegeleifen als ein kräftiges Löfungsmittel; auch angefäuertes Waffer wirkt ziemlich kräftig auf Gufseifen, kräftiger als auf Spiegeleifen und auf Stahl.

c) Schmiedeeifen.

1) Schmiedbares Eifen überhaupt.

245. Gewicht; Ausdehnung und Schmelzpunkt. In Art. 224 (S. 218) wurde bereits auseinandergefetzt, was im Vorliegenden unter Schmiedeeifen verftanden werden foll, fo wie dafs man daffelbe als Schweifseifen und Flufseifen zu unterfcheiden hat. Aus dem dort Gefagten geht auch hervor, dafs man das fchmiedbare Eifen aus dem Roheifen durch einen Oxydations-Procefs herftellt, wobei Silicium, Mangan, Phosphor und Schwefel entfernt werden follen und fo viel Kohlenftoff entzogen wird, dafs ein brauchbares Erzeugnifs von beftimmtem Kohlenftoffgehalt entfteht.

Zunächft follen die wichtigeren Eigenfchaften, welche den beiden letztgenannten Eifenforten gemeinfam zukommen, vorgeführt und dann (unter 2 u. 3) jede derfelben im Befonderen betrachtet werden.

Ueber das Gewicht des Schmiedeeifens wurden bereits in Art. 232 (S. 222) die erforderlichen Angaben gemacht. Durch Kaltwalzen oder Kaltziehen wird die Dichtigkeit verringert; hingegen hat es den Anfchein, als wenn bei der Bearbeitung im warmen Zuftande die Dichtigkeit zunähme.

Nach den »Normalbedingungen etc.« ift das Eigengewicht für Schweifseifen zu 7800 kg und für Flufseifen zu 7850 kg für 1 cbm anzunehmen.

Ueber die Ausdehnung des Schmiedeeifens durch die Wärme ift in Art. 233 (S. 223) das Nöthige mitgetheilt. Der Schmelzpunkt deffelben ift bei 2000 bis 2250 Grad C. zu fuchen, liegt alfo wefentlich höher, als beim Roheifen, was auf den geringeren Kohlenftoffgehalt zurückzuführen ift.

246. Elafticität. Die Elafticitätsziffer des Schmiedeeifens fchwankt nach den von *Bornet, Brix, Duleau, Gerftner, Hodgkinfon, Jenny, Kerpely, Kupffer, Lagerhjelm, Lovett, Tredgold, Wertheim, Wöhler* u. A. vorgenommenen Verfuchen zwifchen 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 Elafticitätsgrenze für Zug und Druck wurde zwifchen 1,03 und 3,31 t für 1 qcm gefunden und läfft fich nach *Winkler* im Mittel zu 1,65 t für 1 qcm anfetzen. Man nimmt wohl auch die Elafticitätsgrenze zu etwa $^3/_8$ der Feftigkeitsziffer an.

247. Zugfeftigkeit. Schmiedeeifen hat in Folge feines faferigen Gefüges ftets eine gröfsere Feftigkeit in der Richtung der Fafern, als fenkrecht dazu. Nach *Tetmajer* ift beim Schweifseifen die Druckfeftigkeit gleich der Zugfeftigkeit, beträgt aber beim Flufseifen nur 95 Procent der Zugfeftigkeit.

Ueber 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 Mittelwerthe ſchwanken zwiſchen den Grenzen 2110 und 7000 kg für 1 qcm. Man kann indeſs 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 Kaſtenbleche in der Längsrichtung 3200 kg und in der Querrichtung 2800 kg für 1 qcm.

Ueber die Zugfeſtigkeit des Eiſendrahtes haben insbeſondere *Brix, Buffon, Dufour, Gerſtner, Lamé, Muſchenbroek, Seguin* und *Telford* Verſuche angeſtellt, aus denen ſich Mittelwerthe 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 geglüht:	geglüht:	
Gewöhnlicher Eiſendraht	$4{,}58 + \frac{2{,}29}{d}$	$2{,}87 + \frac{0{,}64}{d}$	Tonnen für 1 qcm.
Beſter Eiſendraht	$6{,}37 + \frac{1{,}59}{d}$	$3{,}31 + \frac{0{,}38}{d}$	

Nach *Mehrtens* beziffert ſich die Zugfeſtigkeit des geglühten Eiſendrahtes mit 4000 kg, jene des blanken und weichen, ſo wie des halb harten 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 Procent, für Mangan bei 3 Procent, für Chrom bei 1 Procent und für Wolfram bei 6 Procent.

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 nennenswerth herabgemindert wird.

Den ungünſtigſten Einfluſs auf die Feſtigkeit übt der Phosphor aus; das Eiſen wird dadurch kaltbrüchig, und die Einwirkung iſt um ſo nachtheiliger, 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 Procent in der Schlacke enthalten iſt und nicht im Eiſen ſelbſt. Der Höchſtbetrag des Phosphorgehaltes iſt beim Fluſseiſen 0,2 Procent und beim Schweiſseiſen 0,4 Procent.

Die zunehmende Erwärmung verringert die Feſtigkeit des Schmiedeeiſens; durch Kälte wird ſie nicht vermindert.

Daſs ſorgfältige Beobachtungen und Unterſuchungen zu dem Ergebniſs geführt haben, eine nachtheilige Einwirkung von lange Zeit hindurch fortgeſetzten Spannungswechſeln auf das Schmiedeeiſen ſei in keiner Weiſe erwieſen, wurde bereits früher geſagt[128]).

248. Zähigkeit.

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. Contraction 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. 222 (S. 217) geſagt wurde, getheilt. In der an gleicher Stelle angeführten, vom Verbande deutſcher Architekten- und Ingenieur-Vereine 1878 herausgegebenen »Denkſchrift etc.« wurde die Einſchnürung des Zerreiſsungsquerſchnittes (in Procenten des urſprünglichen Querſchnittes) zu Grunde gelegt; in den »Normalbedingungen etc.« hingegen iſt die Dehnung (in Procenten der urſprünglichen Länge) als maſsgebend eingeführt.

Nach *Mehrtens* beträgt die Dehnung für 200 Millim. Länge: für die geringſte Sorte von Schweiſseiſen 5, für die geringſte Sorte von Fluſseiſen 35, für gutes Stab- und Formeiſen 20, für ſehr gutes Schweiſseiſen, Fluſseiſen, Feinkorneiſen (für Niete 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 Procent.

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 nachtheiligſten 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 ſehniges Gefüge, ſo daſs bei einer Zugbeanſpruchung ſich anſcheinend jede Sehne für ſich dehnt; in Folge deſſen reiſst oder bricht Schweiſseiſen niemals plötzlich. Das Fluſseiſen hat ein mehr körniges Gefüge, ſo daſs ein Bruch ſtets plötzlich erfolgt. Bei gleicher chemiſcher Zuſammenſetzung

[128]) Siehe auch: Einfluſs wiederholter Belaſtung auf die Feſtigkeit des Eiſens. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 175.

ſcheint Fluſseiſen (alſo ſchlackenfrei) eine gröſsere Zähigkeit zu beſitzen, als Schweiſseiſen; da aber erſteres meiſt beträchtliche Mengen von Mangan und Silicium enthält, ſo wird durch dieſen Umſtand ſeine Zähigkeit nachtheilig beeinflufst.

249. Druck-, Biegungs- und Scherfeſtigkeit.

Die Druckfeſtigkeit läfst 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 Cylindern, 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 $^7/_8$ der Zugfeſtigkeit annehmen.

Auch über die Biegungs- und Abſcherungsfeſtigkeit 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 Abſcherungsfeſtigkeit 3190 bis 5500, im Mittel 4510 kg für 1 qcm. Indeſs wird der Coefficient der Biegungsfeſtigkeit durch die Querſchnittsform beeinflufst; für I-Träger kann man nach *Winkler* dieſe Ziffer jener für Zugfeſtigkeit gleich ſetzen.

Die Feſtigkeitsziffer für Abſcheren beträgt nach *Winkler* nahezu $^4/_5$ der Feſtigkeitsziffer für Zug. Nach *Mehrtens* iſt die Biegungsfeſtigkeit beim Schweiſseiſen um 2,5 Procent, beim Fluſseiſen um 14 Procent geringer, als die Zugfeſtigkeit.

250. Roſtvermögen.

Schmiedeeiſen widerſteht dem Roſten um ſo mehr, je dichter und glatter ſeine Oberfläche, namentlich ſeine Walzhaut iſt; indeſs iſt ſein Widerſtand weſentlich geringer, als der des Roheiſens; ſelbſt Stahl iſt in der Regel etwas widerſtandsfähiger. Ob bei Schweiſseiſen oder bei Fluſseiſen die Roſtneigung gröſser iſt, iſt noch nicht feſt geſtellt; die Verſchiedenheit der Beimengungen und die Beſchaffenheit der Oberfläche ſcheinen einen groſsen Einfluſs auszuüben.

251. Schmiedeeiſen-Erzeugniſſe.

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 Handelsſorten wird im Folgenden unter 4 u. 5 und von den übrigen Schmiedeeiſen-Erzeugniſſen unter 6 u. 7 die Rede ſein.

2) Schweiſseiſen.

252. Eigenſchaften.

Das Schweiſseiſen wird im teigigen Zuſtande durch das Herdfriſch- oder durch das Puddelverfahren hergeſtellt; es iſt nicht ſchlackenfrei.

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 Reduction der Erze mittels Holzkohlen ſtatt. Dieſer Vorgang hörte faſt ganz auf, als man die Gewinnung des Roheiſens im Hochofen kennen gelernt hatte; von da an wurden Schmiedeeiſen und Stahl aus Roheiſen hergeſtellt.

Um das Roheiſen in Schweiſseiſen 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 von einander geſondert, und das Friſchen des Eiſens wird nur durch die aus der Steinkohle entwickelte Flamme hervorgebracht.

Bei beiden Verfahren bildet das Enderzeugnifs eine teigige, reich mit Schlacke durchfetzte Eifenmaffe. Diefelbe mufs durch Hämmern, Walzen etc. zu einem compacten Stücke verarbeitet und hierauf noch einem Raffinations- (Schweifs-) Procefs unterworfen werden, um zum brauchbaren Handelserzeugnifs zu werden.

Das Schweifseifen läfft fich fchmieden und fchweifsen, aber nicht merklich härten. Es läfft fich zu Blechen und Stäben auswalzen oder zu Draht ausziehen, wodurch Blech-, Walz- oder Stabeifen, auch Vierkant-, Rund-, Flach-, Form-, Profil-, Bandeifen etc., endlich Walzdraht oder Zugdraht entftehen. Will man das Material ganz genau bezeichnen, fo kann man von Schweifseifenblech, Schweifseifendraht etc. fprechen.

Nach den »Normalbedingungen etc.« foll das Schweifseifen dicht, gut ftauch- und fchweifsbar, weder kalt- noch rothbrüchig, noch langriffig fein, eine glatte Oberfläche zeigen und darf weder Kantenriffe noch offene Schweifsnähte oder fonftige unganze Stellen haben.

Das durch Renn-, Herdfrifch- oder Puddelverfahren erzeugte Schweifseifen ift meift frei von Phosphor, oder es ift nur eine fehr geringe, unfchädliche Menge davon vorhanden.

Dies wird in einfacher Weife dadurch erreicht, dafs man den Herd, bezw. die Wände des Ofens aus Eifen herftellt und mit Eifenoxyd befetzt und die Anfangs fich bildende kiefelfäurereiche Schlacke entfernt; der Phosphor fondert fich dabei aus dem Roheifen in ausreichendem Mafse (bis zu $^4/_5$ feiner urfprünglichen Menge) ab.

253. Aeltere Werthbeftimmung.

Durch die fchon mehrfach erwähnte »Denkfchrift etc.« des Verbands deutfcher Architekten- und Ingenieur-Vereine wurde im Jahre 1878 für die verfchiedenen Sorten von Schweifseifen, unter Zugrundelegung von *Baufchinger*'fchen Verfuchen, die nachfolgende vergleichende Werthbeftimmung feft geftellt.

Stabeifen.

Qualität I:	Mindeft-Zerreifsungs-Feftigkeit	3800 kg für 1 qcm.
	Mindeft-Zufammenziehung des Zerreifsungs-Querfchnittes in Procenten des urfprünglichen Querfchnittes, alfo Mafs der Zähigkeit	40 Procent.
Qualität II:	Mindeft-Zerreifsungs-Feftigkeit	3500 kg für 1 qcm.
	Mindeft-Zufammenziehung des Zerreifsungs-Querfchnittes in Procenten des urfprünglichen Querfchnittes, alfo Mafs der Zähigkeit	25 Procent.

Eifenblech.

Qualität I.	a) In der Walzrichtung:		
		Mindeft-Zerreifsungs-Feftigkeit	3600 kg für 1 qcm.
		Mindeft-Zufammenziehung des Zerreifsungs-Querfchnittes in Procenten des urfprünglichen Querfchnittes, alfo Mafs der Zähigkeit	25 Procent.
	b) Quer zur Walzrichtung:		
		Mindeft-Zerreifsungs-Feftigkeit	3200 kg für 1 qcm.
		Mindeft-Zufammenziehung des Zerreifsungs-Querfchnittes in Procenten des urfprünglichen Querfchnittes, alfo Mafs der Zähigkeit	15 Procent.
Qualität II.	a) In der Walzrichtung:		
		Mindeft-Zerreifsungs-Feftigkeit	3300 kg für 1 qcm.
		Mindeft-Zufammenziehung des Zerreifsungs-Querfchnittes in Procenten des urfprünglichen Querfchnittes, alfo Mafs der Zähigkeit	15 Procent.
	b) Quer zur Walzrichtung:		
		Mindeft-Zerreifsungs-Feftigkeit	3000 kg für 1 qcm.
		Mindeft-Zufammenziehung des Zerreifsungs-Querfchnittes in Procenten des urfprünglichen Querfchnittes, alfo Mafs der Zähigkeit	9 Procent.

Stabeiſen und Eiſenblech dürfen ſich nach dem Zerreiſsen weder unganz noch an der Oberfläche brüchig zeigen.

Materialien von geringerer Feſtigkeit oder Zähigkeit als einer der feſt gefetzten Mindeſtwerthe würden überhaupt nicht zu claſſificiren ſein.

254. Zerreiſsproben.

Gegenwärtig werden in der Regel die Werthziffern zu Grunde gelegt, welche die »Normalbedingungen etc.« als unterſte zuläſſige Grenze feſt ſetzen. Danach müſſen bei Zerreiſsproben betragen:

1) Bei Flacheiſen, Formeiſen (Winkel-, Rund-, Vierkant- und Trägereiſen: 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 Procent.

2) Bei Blechen mit ausgeſprochener Längsrichtung, welche vorwiegend Biegungsſpannungen aufzunehmen haben (z. B. bei Stegblechen von Blechträgern),

α) Zugfeſtigkeit in der Längsrichtung 3500 kg für 1 qcm,

β) Dehnung 10 Procent,

γ) Zugfeſtigkeit in der Querrichtung 2800 kg für 1 qcm,

δ) Dehnung 3 Procent.

3) Bei Blechen ohne ausgeſprochene Längsrichtung, welche vorwiegend durch Spannungen in verſchiedenen Richtungen beanſprucht ſind (z. B. bei Anſchluſsblechen),

α) Zugfeſtigkeit in der Hauptwalzrichtung 3500 kg für 1 qcm,

β) Dehnung 10 Procent,

γ) Zugfeſtigkeit in der Querrichtung 3000 kg für 1 qcm,

δ) Dehnung 4 Procent.

4) Bei Eiſen für Niete, Schrauben u. dergl. bis zu $2^1/_2$ cm einſchl. Durchmeſſer

α) Zugfeſtigkeit in der Längsrichtung 3800 kg für 1 qcm,

β) Dehnung 18 Procent;

von mehr als $2^1/_2$ bis einſchl. 4 cm Durchmeſſer

α) Zugfeſtigkeit 3600 kg für 1 qcm,

β) Dehnung 15 Procent.

5) Bei *Zorès*-Eiſen

α) Zugfeſtigkeit 3300 kg für 1 qcm,

β) Dehnung 6 Procent.

255. Biegeproben.

Wenn mit Flacheiſen, Formeiſen oder Blechen Biegeproben vorgenommen werden, ſo müſſen nach den »Normalbedingungen etc.« Längsſtreifen über eine Rundung von 1,3 cm Halbmeſſer winkelförmig gebogen werden können, ohne daſs ſich an der Biegungsſtelle ein Bruch im Eiſen zeigt.

Der Winkel α, welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, beträgt:

für Biegung in kaltem Zuſtande

$\alpha = 50$ Grad bei Eiſendicken von 0,8 bis 1,1 cm,
$\alpha = 35$ » » » » 1,2 bis 1,5 cm,
$\alpha = 25$ » » » » 1,6 bis 2,0 cm,
$\alpha = 15$ » » » » 2,1 bis 2,5 cm;

für Biegung in dunkelkirſchrothem Zuſtande

$\alpha = 120$ Grad bei Eiſendicken bis zu 2,5 cm,
$\alpha = 90$ » » » über 2,5 cm.

256. Ausbreitproben.

Sollen Winkeleiſen, Flacheiſen oder Bleche Ausbreitproben unterzogen werden, ſo muſs nach den »Normalbedingungen etc.« ein auf kaltem Wege von den genannten Stücken abgetrennter, 3 bis 5 cm breiter Streifen im rothwarmen Zuſtande mit der parallel zur Faſer geführten, nach einem Halbmeſſer von 1,5 cm abgerundeten Hammer-

finne bis auf das 1 ½-fache ſeiner Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren einer Trennung im Eiſen zu zeigen.

257. Prüfung des Nieteiſens. Mit Nieteiſen werden Biege- und Stauchproben vorgenommen. Nach den »Normalbedingungen etc.« ſoll Nieteiſen 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 Eiſen zu zeigen. Ein Stück Nieteiſen, 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) Flufseiſen.

258. Eigenſchaften. Mehrfach wurde bereits geſagt, daſs man unter Flufseiſen das im flüſſigen Zuſtande nach dem *Beſſemer-*, *Thomas-* oder *Martin*-Verfahren hergeſtellte, ſchlackenfreie Hüttenerzeugniſs zu verſtehen hat. Je nach der Darſtellungsweiſe gebraucht man die Bezeichnungen (ſaures) *Beſſemer*-Flufseiſen, (baſiſches) *Thomas*-Flufseiſen, ſo wie ſaures und baſiſches *Martin*-Flufseiſen. Auch kann man die Form der Flufseiſen-Erzeugniſſe kennzeichnen, indem man die Benennungen Flufseiſenblech, Flufseiſendraht etc. gebraucht.

Der Phosphorgehalt des Roheiſens beſtimmt die Art, wie das im Converter oder im *Martin-Siemens*-Ofen durchzuführende Verfahren vor ſich gehen muſs. Hat man ganz oder nahezu phosphorfreie Roheiſen, ſo wird in beiden Fällen der Proceſs ſauer, im gegentheiligen Falle baſiſch geführt, d. h. es richtet ſich hiernach das Ausfütterungs-, bezw. Ausmauerungsmaterial der Converter oder der Oefen.

Beim ſauren oder *Beſſemer*-Verfahren wird geſchmolzenes Roheiſen durch Einführen von Luft in Flufseiſen umgewandelt. Das *Martin*-Verfahren beſteht darin, daſs man im Flammofen durch Miſchung von Schmiedeeiſen mit flüſſigem (weiſsem oder grauem) Roheiſen Flufsmetall erzeugt; da aber dieſer Vorgang erſt dann gute Erzeugniſſe lieferte, als man die von *C. W.* & *F. Siemens* erfundene Regenerator-Feuerung in Anwendung brachte, nennt man ihn auch *Martin-Siemens*-Verfahren.

Durch die genannten Verfahren kann man nur dann ein phosphorfreies Flufsmetall 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 phosphorfreiem Flufsmetall durch Anwendung feuerfeſter baſiſcher Ziegel als Futter[129]); 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 Procent) enthält und nicht zu viel Phosphorſäure (höchſtens 12 Procent) aufzunehmen braucht.

In der zweiten Hälfte der achtziger Jahre 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 Eiſenſorte 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 Erzeugniſs von homogener Structur entſteht.

Wenn das Roheiſen im Puddelofen verarbeitet wird, ſo entſteht, wie früher bereits geſagt, Schweiſseiſen, welches eine ähnliche Beimengung an Kohlenſtoff hat, wie Flufseiſen, ſich aber von dieſem in Folge 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

[129]) Die baſiſchen Stoffe für die Erzeugung ſolcher Futter ſind gegenwärtig meiſt Chromeiſenſtein, todt gebrannter Dolomit und Theer, Magneſit.

zwar wird das Flufsmetall davon in fo empfindlicher Weife beeinflufft, dafs fehr geringe Aenderungen fchon grofse Unterfchiede in den genannten Eigenfchaften hervorrufen. Mit wachfendem Kohlenftoffgehalt nimmt die Feftigkeit zu und die Zähigkeit ab.

Flufseifen befitzt eine gröfsere Feftigkeit und eine höhere Streckgrenze, als Schweifseifen, fo dafs es bei gleichem Sicherheitsgrade höher, als letzteres beanfprucht werden kann. Indefs darf man in letzterer Beziehung nicht zu weit gehen. Man kann allerdings Flufsmetall herftellen, welches man doppelt fo ftark beanfpruchen könnte, als Schweifseifen; allein ein folches Metall enthält bereits fo viel Kohlenftoff, dafs es härtbar ift und alle jene gefährlichen Eigenfchaften zeigt, die fich der Berechnung entziehen. Defshalb verwende man für die Bau-Conftructionen kein hartes Metall, fondern weiches, zähes Flufseifen, welches 4000 bis 4200 kg Zugfeftigkeit für 1 qcm befitzt und 25 bis 30 Procent Dehnung aufweist; ein folches Metall geftattet eine Beanfpruchung, die etwa um 1/4 höher ift, als die des Schweifseifens.

Das Flufseifen wird allerdings um fo weicher, je weniger Kohlenftoff es enthält; allein es verringert fich dabei nicht blofs feine Feftigkeit, fondern Flufseifen von zu kleinem Kohlenftoffgehalt wird rothbrüchig. Sonach ift Flufseifen, welches zu Bau-Conftructionen verwendet werden foll, nicht blofs auf feine Weichheit, fondern auch auf Rothbrüchigkeit zu prüfen [130]).

Das Flufseifen foll, wenn es für Bau-Conftructionen beftimmt ift, nach den »Normalbedingungen etc.« eine glatte Oberfläche ohne Schiefer und Blafen zeigen und darf weder Kantenriffe noch unganze Stellen haben.

Das Flufseifen läfft fich fchmieden; dabei werden befonders die oberen und unteren Schichten verdichtet, und bei zu geringem Hammergewicht wird das Material verdorben. Durch das Schweifsen verliert das Flufseifen an Feftigkeit; defshalb follen Schweifsungen thunlichft vermieden werden. Beim Preffen oder Walzen des Flufseifens erfolgt eine gleichmäfsige Verdichtung deffelben; das Eifen wird fefter und zuverläffiger.

259. Verwendung zu Bau-Conftructionen.

Bis in die neuefte Zeit wurde auf dem Gebiete der Bau-Conftructionen das faure *Martin*-Flufseifen dem *Thomas*-Flufseifen vorgezogen; es dürfte dies wohl feinen Grund darin haben, dafs das *Martin*-Verfahren 13 Jahre älter ift, als die Erfindung der Entphosphorung in der *Beffemer*-Birne, und dafs man die Ueberzeugung zu haben glaubte, es fei für den *Martin*-Betrieb leichter, fehlerhafte Sätze zu vermeiden, als dies beim Converter-Betrieb der Fall ift. Das faure *Martin*-Metall konnte daher ein weites Gebiet der Conftructionen erobern, ehe das Anfangs mit Widerwärtigkeiten kämpfende *Thomas*-Verfahren allgemeiner bekannt wurde. Gegenwärtig werden in Deutfchland *Thomas*-Metall und bafifches *Martin*-Metall als nahezu ebenbürtig angefehen.

In anderen Staaten, namentlich in Oefterreich, haben eine Anzahl vorgenommener vergleichender Prüfungen der verfchiedenen Conftructions-Materialien zur Entfcheidung veranlafft, dafs *Thomas*-Flufseifen für die Zwecke der Brückenbau-Conftructionen auszufchliefsen fei.

260. Zerreifsproben.

Bezüglich der Anforderungen, die an ein zu Bau-Conftructionen geeignetes Flufseifen zu ftellen find, können auch hier die »Normalbedingungen etc.« als mafsgebend angefehen werden.

Nach diefen foll, wenn Flufseifenftücke Zerreifsproben unterzogen werden, für Material von 0,7 bis 2,8 cm Dicke betragen:

130) Siehe: Wevrich. Das Flufseifen als Konftruktions-Material. Deutfche Bauz. 1890, S. 95, 107.

in der Längsrichtung die Zugfeſtigkeit mindeſtens 3700, höchſtens 4400 kg für 1 qcm; die Dehnung mindeſtens 20 Procent;

in der Querrichtung die Zugfeſtigkeit mindeſtens 3600, höchſtens 4500 kg für 1 qcm; die Dehnung mindeſtens 17 Procent;

bei Niet- und Schraubenmaterial die Zugfeſtigkeit mindeſtens 3600, höchſtens 4200 kg für 1 qcm; die Dehnung mindeſtens 22 Procent.

261. Biege- und Rothbruchproben.

Sind mit Flacheiſen, Formeiſen und Blechen Biegeproben vorzunehmen, ſo ſind nach den »Normalbedingungen etc.« ſowohl Längs- als auch Querſtreifen hellrothwarm 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 Längsſtreifen der einfachen, bei Querſtreifen der doppelten Dicke des Verſuchsſtückes. Hierbei dürfen an Längsſtreifen keine Riſſe entſtehen; bei Querſtreifen ſind unweſentliche Oberflächenriſſe zuläſſig.

Wenn dieſelben Eiſengattungen Rothbruchproben zu unterziehen ſind, ſo ſoll ein im rothwarmen Zuſtande auf 0,6 cm Dicke und etwa 4 cm Breite abgeſchmiedeter Probeſtreifen mit einem ſich verjüngenden Lochſtempel, der 8 cm lang iſt und 2 cm Durchmeſſer am dünnen, 3 cm am dicken Rande hat, im rothwarmen Zuſtande gelocht werden. Das 2 cm weite Loch ſoll dann auf 3 cm erweitert werden, ohne daſs hierbei ein Einriſs im Probeſtreifen entſtehen darf.

262. Prüfung von Niet- und Schraubeneiſen.

Niet- und Schraubenmaterial wird auch bei Fluſseiſen Biege- und Stauchproben unterworfen. Für Biegeproben ſind nach den »Normalbedingungen etc.« Rundeiſenſtäbe hellrothwarm 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 Verſuchsſtückes 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.

263. Guſswaaren.

Aus Fluſseiſen laſſen ſich in fertiger Form Gegenſtände (Maſchinenbeſtandtheile etc.) durch Guſs herſtellen, wodurch Fluſseiſen-Guſswaaren entſtehen.

Die gegoſſenen und gepreſſten Fluſseiſenwaaren 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.

264. Stangeneiſen.

Das Stangeneiſen wird als Grobeiſen und Feineiſen unterſchieden; nach *Karmarſch* liegt die Grenze bei etwa 7 qcm 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 indeſs ſehr verſchieden.

265. Rund- und Vierkanteiſen.

α) Rund- und Vierkant- (Quadrat-)Eiſen. Der zollvereinsländiſche Eiſenhütten-Verein hat hierfür folgende Abſtufungen (Scala) 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. Durchm.	Gewicht □	Gewicht ○	Dicke, bezw. Durchm.	Gewicht □	Gewicht ○	Dicke, bezw. Durchm.	Gewicht □	Gewicht ○	Dicke, bezw. Durchm.	Gewicht □	Gewicht ○	Dicke, bezw. Durchm.	Gewicht □	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 Met.		Millim.	Kilogr. für 1 Met.		Millim.	Kilogr. für 1 Met.		Millim.	Kilogr. für 1 Met.		Millim.	Kilogr. für 1 Met.	

266. Flacheisen.

β) Flacheisen. Die vom genannten Eisenhütten-Verein aufgestellten Abstufungen (Scala) setzen fest:

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 Flacheisen hat folgende Abmessungen:

Dicke		1/4 (6,4)	3/8 (9,6)	1/2 (12,8)	5/8 (16,0)	3/4 (19,2)	7/8 (22,2)	1 (25,4)	1 1/8 (28,6)	1 1/4 (31,8)	1 3/8 (35,0)	1 1/2 Zoll, (38,2 Millim.)
Breite	von	1/2 (12,7)	3/4 (19,2)	1 (25,4)	1 1/4 (31,8)	1 1/2 (38,1)	1 3/4 (44,6)	2 (50,8)	2 1/4 (57,2)	2 1/2 (63,5)	2 3/4 (70,0)	3 Zoll, (76,2 Millim.)
	bis	6 (152,9)	9 (228,6)	12 (304,8)	15 (381,0)	16 (406,4)	14 (355,6)	15 (381,0)	13 (330,2)	12 (304,8)	11 (279,4)	10 Zoll, (254 Millim.)

267. Bandeisen.

γ) Bandeisen. Vom gleichen Vereine sind folgende Abstufungen der Abmessungen aufgestellt worden:

Die Breite steigt

von 12 mm auf 14 mm mit 1 mm,
zwischen 15 mm bis 40 mm mit 2 mm,
» 42 mm bis 70 mm mit 2 oder 4 mm,
über 70 mm mit 5 mm.

Die Bandeisen-Lehre 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 Werth, weil in der neuen Lehre mehrere Nummern wegen der gesetzmäfsigen Dickendifferenz eingeschoben sind.

Die englische Bandeisen-Lehre hiermit vereinigt, ergeben sich folgende Normal-Abmessungen:

Breite:	Dicke:	Engl. Lehre.	Breite:	Dicke:	Engl. Lehre.
13 bis 18 mm	1-fach = 1 1/4 mm	= Nr. 18	38 bis 44 mm	1-fach = 2 mm	= Nr. 14
	1 1/2 » = 2 »	= » 14		1 1/2 » = 2 1/2 »	= » 12 1/2
	2 » = 2 1/2 »	= » 12 1/2		2 » = 3 »	= » 11
	3 » = 3 1/2 »	= » 10		3 » = 3 3/4 »	= » 9 1/2
20 bis 24 »	1 » = 1 1/4 »	= » 18	46 bis 60 »	1 » = 2 1/4 »	= » 13
	1 1/2 » = 2 »	= » 14		1 1/2 » = 2 3/4 »	= » 11 1/2
	2 » = 2 1/2 »	= » 12 1/2		2 » = 3 1/2 »	= » 10
	3 » = 3 1/2 »	= » 10		3 » = 4 1/4 »	= » 8
26 bis 28 »	1 » = 1 1/2 »	= » 16	62 bis 70 »	1 » = 2 1/2 »	= » 12 1/2
	1 1/2 » = 2 1/4 »	= » 13		1 1/2 » = 3 »	= » 11
	2 » = 2 3/4 »	= » 11 1/2		2 » = 3 3/4 »	= » 9 1/2
	3 » = 3 1/2 »	= » 10		3 » = 4 1/2 »	= » 7 1/2
30 »	1 » = 1 3/4 »	= » 15	75 bis 90 »	1 » = 2 3/4 »	= » 11 1/2
	1 1/2 » = 2 1/4 »	= » 13		1 1/2 » = 3 1/2 »	= » 10
	2 » = 2 3/4 »	= » 11 1/2		2 » = 4 1/4 »	= » 8
	3 » = 3 1/2 »	= » 10		3 » = 5 1/4 »	= » 6
32 bis 36 »	1 » = 1 3/4 »	= » 15	90 bis 105 »	1 » = 3 »	= » 11
	1 1/2 » = 2 1/4 »	= » 13		1 1/2 » = 3 3/4 »	= » 9 1/2
	2 » = 2 3/4 »	= » 11 1/2		2 » = 4 1/4 »	= » 7 1/2
	3 » = 3 1/2 »	= » 10		3 » = 5 1/2 »	= » 5

Für Band- und Stangeneisen 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	4,63	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 Eisen-Berathungstag hat folgende Normal-Abmessungen 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 Vierkanteiſen 5 mm, gröſste Dicke 100 mm; für Flacheiſen ſind 10 mm und 100 mm Grenzwerthe für die Breite; gröſste Dicke $\frac{1}{2}$ der Breite.

Stangeneiſen wird gewöhnlich in Bündeln von 50 kg gebunden. Die bisherigen Bezeichnungen desſelben: Schlieſsen-, Radreif-, Stegreif-, Rahm-, Rahmlehr-Eiſen etc. — haben im Handel zu entfallen und iſt ſelbes nur nach Abmeſſungen zu bezeichnen, und zwar durch einen Bruch, deſſen Zähler die Breite und deſſen Nenner die Dicke angiebt. Rundeiſen iſt durch einen vor die Durchmeſſerzahl geſetzten ◯ und Vierkanteiſen durch □ 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 Bandeiſen wird für jede Breite in 4 Dicken erzeugt, welche gegen die geringſte um je 0,5 mm zunehmen. Bandeiſen wird wie Flacheiſen bezeichnet. Die Normallänge von Stangeneiſen iſt 3 m.

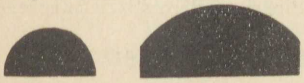
268. Formeiſen.

δ) Formeiſen, auch Façoneiſen genannt. Die im Handel vorkommenden Formeiſen haben, je nach dem beabſichtigten Zwecke, eine ſehr mannigfaltige Profilform erhalten; faſt jedes Hüttenwerk erzeugt ihm eigenthümliche Formeiſen, 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 Formeiſen ſind die folgenden.

a) Halbrundeiſen (Fig. 24 u. 25), mit halbkreisförmigem oder damit verwandtem Querſchnitt; die ſchmalſten Halbrundeiſen haben in der Regel 10 mm Dicke.

Fig. 24. Fig. 25.



b) Fenſtereiſen, auch Sproſſeneiſen genannt (Fig. 26 bis 38), welche zur Herſtellung von Fenſtern, bei der Ausführung von Glashäuſern, Deckenlichtern und zur Anfertigung einzelner Sproſſen bei ſonſt aus Holz beſtehenden Fenſtern und Thüren benutzt werden. Es

Fig. 26. Fig. 27. Fig. 28. Fig. 29.

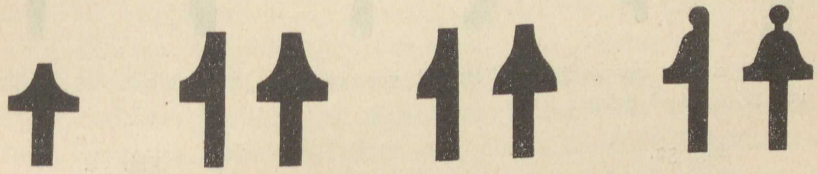
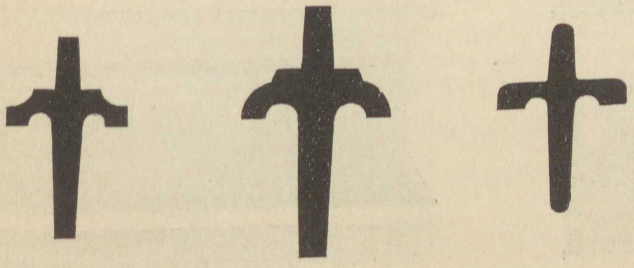


Fig. 30. Fig. 31. Fig. 32. Fig. 33. Fig. 34. Fig. 35.



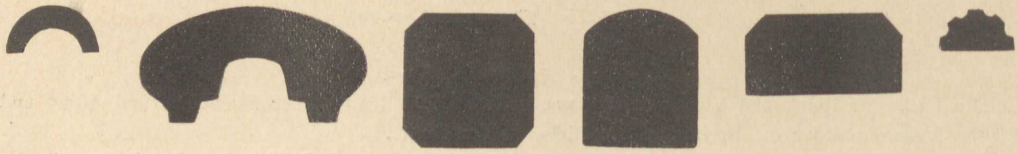
giebt eine Unzahl verſchiedenartigſter Profile und beliebiger Abmeſſungen; man unterſcheidet halbe und ganze Fenſtereiſen. Neueſtens werden ſtatt ſolcher Formeiſen vielfach profilirte Stäbe aus Zinkblech mit oder auch ohne Eiſenkern benutzt.

Fig. 36. Fig. 37. Fig. 38.



c) Geländereiſen (Fig. 39 bis 45), welche vorzugsweiſe zur Herſtellung von Handleiſten und ſonſtigen Geländertheilen für Terraſſen, Balcone, Treppen etc. benutzt werden. Sie erhalten häufig ähnliche Formen wie die Holzleiſten, was indeſs der Structur des Materials nicht ganz entſpricht und wodurch ſie auch ein groſses Ge-

Fig. 39. Fig. 40. Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43. Fig. 44.



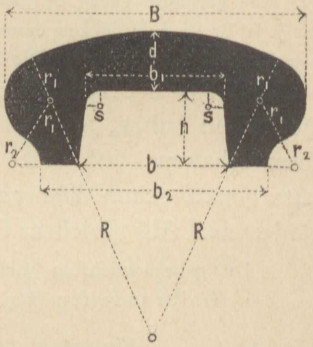
wicht erhalten. Man hat defshalb mit Vortheil hohle und abgeplattete Ringfegment-Profile angewendet; doch kommen auch abgeplattete Rundeifen, Flacheifen etc. vor.

Für Handleifteneifen (Fig. 40 u. 45) haben der Verband deutfcher Architekten- und Ingenieur-Vereine und der Verein deutfcher Ingenieure im Jahre 1881 die nachftehenden Normal-Profile aufgeftellt:

Nr. des Profils	Hauptabmeffungen				Querfchnittsfläche	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.-Centim.	Kilogr.

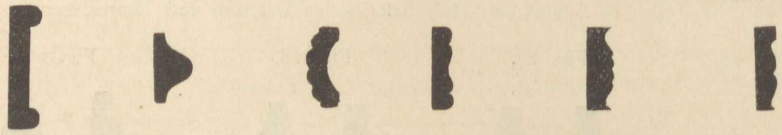
$R = B$
$H = 0{,}45\ B$
$d = 0{,}2\ B$
$b = 0{,}5\ B$
$h = 0{,}25\ B$
$r_1 = 0{,}15\ B$
$r_2 = 0{,}1\ B$
$\rho = 0{,}05\ B$
$b_1 = 0{,}45\ B$
$b_2 = 0{,}75\ B$

Fig. 45.



b) Zierleifteneifen (Fig. 46 bis 51). Diefelben dienen im Wefentlichen zu decorativen Zwecken;

Fig. 46. Fig. 47. Fig. 48. Fig. 49. Fig. 50. Fig. 51.



die Profilabmeffungen der am meiften im Handel vorkommenden Eifen diefer Art dürften zwifchen 18×8 mm und 28×10 mm gelegen fein.

Fig. 52.

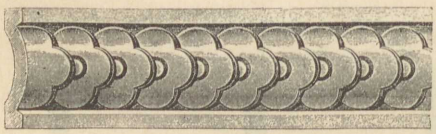


Fig. 53.

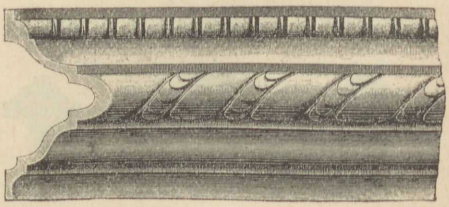


Fig. 54.



Fig. 55.

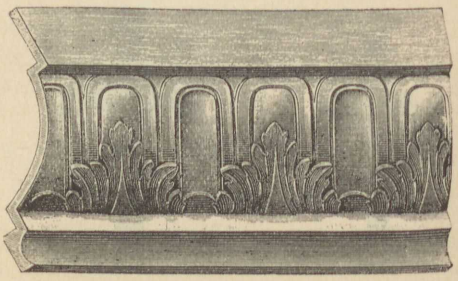
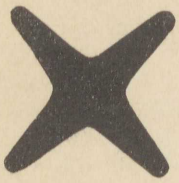


Fig. 56.



In neuerer Zeit werden auch Zierleiſteneiſen hergeſtellt, welche glatte Geſimſe mit einer gröſseren Zahl von Gliedern bilden, desgleichen ſolche, welche im Auswalzen zu ſculpirten Geſimsgliedern gepreſſt werden. Solche Geſimsſtäbe haben 2 bis 5 mm Wanddicke, und es erſcheint die Sculpirung, die ein mäſsig hohes Relief aufweist, in Form einer Reihung oder Wechſelreihung von Blättern, Roſetten, Scheiben, Perlen, Pyramiden, verſchlungenen Flachranken, Bandgeflechten, Mäandern etc. 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 Modellirung erzeugt (Fig. 52 bis 56[131]).

Fig. 57.



e) Kreuzeiſen (Fig. 57[132]), deren Anwendung heutzutage eine beſchränkte iſt und die den Uebergang zu den eigentlichen Walzeiſen bilden.

f) Endlich ſei noch der Gruben- und Eiſenbahnſchienen gedacht, welche theils im gebrauchten, theils im neuen Zuſtande vielfach zu Trägern etc. benutzt werden.

5) Profileiſen.

269. Normalprofile.

Auch die im Nachſtehenden vorzuführenden L-, T-, C-, I-, Z-, Belag- und Quadranteiſen ſind zu den vorerwähnten Formeiſen zu zählen; im Vorliegenden ſollen ſie indeſs, wie dies in neuerer Zeit immer gebräuchlicher wird, Profileiſen genannt werden, obwohl auch dieſe Bezeichnung nicht ganz zutreffend iſt, da einige der bereits vorgeführten Handelsſorten mit dem gleichen Namen belegt werden können. Aus gleichem Grunde iſt die ſonſt auch übliche Bezeichnung »Walzeiſen« nicht kennzeichnend genug. Die T-, I-, C- und Z-Eiſen werden bisweilen Trägereiſen geheiſsen.

Seit Langem war es das Beſtreben der Fachmänner, für die Walzeiſen ſachgemäſse Profil-Normen aufzuſtellen, wodurch Erzeuger und Verbraucher in die Lage verſetzt würden, ſtatiſch günſtigſte Profileiſen-Formen bei möglichſt geringem Materialaufwand und thunlichſt erleichterter Fabrikation zu erzeugen, bezw. in Anwendung zu bringen. Der öſterreichiſche Ingenieur- und Architekten-Verein 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 Abänderungen[133]) erfahren haben; am Ende des Jahres 1881 wurden von dieſem Verein »Neue Typen für gewalzte Träger und einige andere Walzeiſenſorten« und im Jahre 1892 »Typen für Walzeiſen« aufgeſtellt[134]). In Deutſchland hat eine hierzu beauftragte Commiſſion von Fachmännern in den Jahren 1879—83 die im Nachſtehenden mitgetheilten »Deutſchen Normalprofile für Walzeiſen« vorgeſchlagen; dieſelben wurden vom Verband deutſcher Architekten- und Ingenieur-Vereine, vom Verein deutſcher Ingenieure und vom Techniſchen Verein für Eiſenhüttenweſen gutgeheiſsen und angenommen[135]). In Folge deſſen ſind dieſe Profile im Jahre 1881 in einem »Deutſchen Normalprofil-Buch für Walzeiſen«[136]) niedergelegt worden.

---

131) Die in Fig. 52 bis 55 dargeſtellten Ziereiſen ſind dem Muſterbuch des Façoneiſen-Walzwerkes *L. Mannſtaedt & Co.* in Kalk bei Cöln entnommen und geſetzlich geſchützt.

132) Fig. 24, 26 bis 28, 33, 39 u. 43 ſind dem Profilbuch des »Aachener Hütten-Actien-Vereins Rothe Erde« bei Aachen, Fig. 25, 29 bis 32, 34, 35, 40 bis 44, 46 bis 51 u. 57 dem Profilbuch der »Lothringer Eiſenwerke Ars a. d. Moſel« und Fig. 36 bis 38 dem Profilbuch der »Actiengeſellſchaft für Eiſeninduſtrie« zu Styrum in Oberhauſen entnommen, ſämmtlich in $1/2$ w. Gr., dargeſtellt.

133) Siehe die Zeitſchrift dieſes Vereins 1865, S. 14 und 1877, S. 18.

134) Siehe ebendaſ. 1882, S. 7; 1892, S. 648.

135) Siehe über die bezüglichen Verhandlungen: Deutſche Bauz. 1880, S. 1 und 1881, S. 61, ſo wie: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1879, S. 181, 210, 217 und 1880, S. 405.

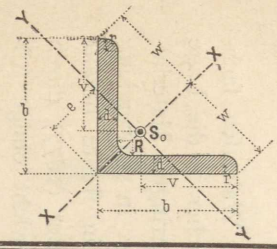
136) Im Auftrage und im Namen der vom Verbande deutſcher Architekten- und Ingenieur-Vereine und vom Vereine deutſcher Ingenieure niedergeſetzten Kommiſſion zur Aufſtellung von Normalprofilen für Walzeiſen bearbeitet und herausgegeben von Dr. F. Heinzerling und O. Intze. Aachen 1881. — 4. Aufl. 1889.

α) Normalprofile für gleichſchenkelige Winkeleiſen (Fig. 58).

$$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}\ ;\quad r = \frac{R}{2}.$$

Die Hauptaxen ſind: $\begin{cases} XX \text{ als Winkelhalbirende}, \\ YY \perp XX. \end{cases}$

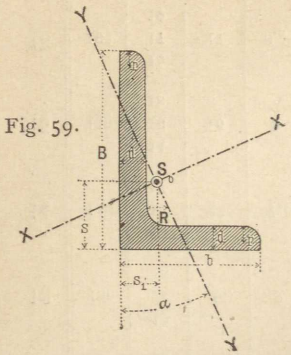
Fig. 58.



$d_{min} = 0{,}1\ b$ für $b \leqq 100$ mm;
$d_{min} = \frac{1}{11}\ b$ für $b \geqq 100$ mm.

Profil-Nr.	Dimenſionen in Millimeter				Querſchnitt	Gewicht von 1 Meter	Abſtände von den Hauptaxen und Schwerpunktslage (S_0)			Momente (in cm) für die Biegungsebene YY			Momente (in cm) für die Biegungsebene XX			Verhältniſs	Widerſtands-Momente für ſeitlich gehaltene Winkeleiſen bei horizontaler Lagerung und verticaler Belaſtung	Widerſtands-Momente für frei bewegliche Winkeleiſen bei horizontaler Lagerung und verticaler Belaſtung
	b	d	R	r	F qcm	G kg	w cm	e cm	v cm	Trägheits-Moment T_y	Widerſtands-Moment W_y	$w_y = \frac{W_y}{G}$ Wirkungsgrad	Trägheits-Moment T_x	Widerſtands-Moment W_x	$w_x = \frac{W_x}{G}$ Wirkungsgrad	$\frac{W_y}{W_x}$ m	$H = 0{,}58\ V$	
$1^1/_2$	15	3	3,5	2	0,81	0,63	1,06	0,69	1,02	0,252	0,238	0,38	0,066	0,096	0,152	2,48	0,156	0,112
		4			1,04	0,81	1,06	0,74	0,98	0,309	0,291	0,36	0,081	0,109	0,135	2,67	0,199	0,130
2	20	3	3,5	2	1,11	0,87	1,41	0,87	1,39	0,640	0,455	0,52	0,169	0,194	0,222	2,35	0,290	0,220
		4			1,44	1,12	1,41	0,92	1,35	0,792	0,563	0,50	0,209	0,226	0,202	2,49	0,370	0,264
$2^1/_2$	25	3	3,5	2	1,41	1,10	1,77	1,04	1 76	1,30	0,735	0,67	0,342	0,329	0,300	2,24	0,466	0,372
		4			1,84	1,44		1,09	1,73	1,64	0,926	0,64	0,432	0,397	0,275	2,34	0,599	0,454
3	30	4	5	2,5	2,24	1,75	2,12	1,27	2,10	2,93	1,38	0,79	0,77	0,608	0,349	2,26	0,884	0,687
		6			3,24	2,53		1,30	2,02	4,01	1,89	0,75	1,05	0,755	0,299	2,50	1,25	0,885
$3^1/_2$	35	4	5	2,5	2,64	2,06	2,47	1,44	2,48	4,80	1,94	0,94	1,26	0,876	0,43	2,21	1,22	0,982
		6			3,84	3,00		1,55	2,40	6,62	2,68	0,89	1,74	1,12	0,37	2,40	1,74	1,28
4	40	4	6	3	3,04	2,37	2,83	1,63	2,85	7,33	2,59	1,10	1,93	1,18	0,50	2,19	1,62	1,32
		6			4,41	3,46		1,74	2,77	10,2	3,60	1,04	2,68	1,54	0,45	2,34	2,32	1,75
		8			5,76	4,49		1,84	2,70	12,7	4,48	1,00	3,34	1,82	0,41	2,46	2,97	2,10
$4^1/_2$	45	5	7	3,5	4,25	3,32	3,18	1,85	3,19	12,8	4,03	1,21	3,37	1,82	0,55	2,21	2,53	2,03
		7			5,81	4,53		1,96	3,11	16,9	5,31	1,17	4,45	2,27	0,50	2,35	3,41	2,57
		9			7,29	5,69		2,07	3,04	20,4	6,41	1,13	5,38	2,60	0,46	2,47	4,23	3,00
5	50	5	7	3,5	4,75	3,7	3,54	2,04	3,56	17,8	5,03	1,36	4,68	2,30	0,62	2,19	3,15	2,61
		7			6,51	5,1		2,14	3,49	23,5	6,64	1,30	6,18	2,89	0,57	2,30	4,27	3,28
		9			8,19	6,4		2,25	3,41	28,6	8,08	1,26	7,53	3,35	0,52	2,41	5,31	3,85
$5^1/_2$	55	6	8	4	6,24	4,9	3,88	2,26	3,91	28,2	7,26	1,48	7,43	3,29	0,67	2,21	4,55	3,66
		8			8,16	6,4		2,36	3,83	35,7	9,18	1,44	9,38	3,99	0,62	2,30	5,87	4,50
		10			10,00	7,8		2,46	3,76	42,6	11,0	1,40	11,2	4,56	0,58	2,41	7,12	5,25
6	60	6	8	4	6,84	5,3	4,24	2,43	4,28	37,0	8,72	1,65	9,74	4,02	0,76	2,17	5,45	4,49
		8			8,96	7,0		2,53	4,21	47,2	11,1	1,59	12,4	4,90	0,70	2,26	7,05	5,54
		10			11,00	8,6		2,63	4,14	56,3	13,3	1,54	14,8	5,64	0,65	2,35	8,57	6,40
$6^1/_2$	65	7	9	4,5	8,61	6,7	4,59	2,66	4,62	54,4	11,8	1,76	14,3	5,38	0,80	2,19	7,41	6,02
		9			10,9	8,5		2,76	4,55	67,0	14,6	1,71	17,6	6,38	0,75	2,28	9,27	7,22
		11			13,1	10,2		2,86	4,48	78,5	17,1	1,68	20,7	7,24	0,71	2,36	11,0	8,22
7	70	7	9	4,5	9,31	7,3	4,95	2,85	4,99	68,5	13,9	1,90	18,0	6,32	0,87	2,20	8,66	7,10
		9			11,8	9,2		2,94	4,92	84,8	17,2	1,86	22,3	7,58	0,82	2,26	10,9	8,56
		11			14,2	11,1		3,04	4,85	99,8	20,2	1,82	26,3	8,65	0,78	2,33	12,9	9,81
$7^1/_2$	75	8	10	5	11,4	8,9	5,30	3,07	5,33	95,0	18,0	2,02	25,0	8,16	0,92	2,20	11,3	9,22
		10			14,0	10,9		3,16	5,26	115,0	21,7	1,99	30,3	9,60	0,88	2,26	13,8	10,8
		12			16,6	12,9		3,26	5,19	133,0	25,1	1,95	35,0	10,7	0,83	2,35	16,2	12,3
8	80	8	10	5	12,2	9,5	5,66	3,25	5,71	117	20,6	2,16	30,8	9,48	1,00	2,17	12,9	10,7
		10			15,0	11,7		3,35	5,63	141	24,9	2,13	37,1	11,1	0,95	2,24	15,9	12,6
		12			17,8	13,9		3,44	5,56	162	28,6	2,06	42,7	12,4	0,89	2,30	18,6	14,4
9	90	9	11	5,5	15,4	12,0	6,36	3,65	6,42	187	29,4	2,45	49,2	13,5	1,13	2,18	18,4	15,3
		11			18,6	14,5		3,75	6,35	222	34,9	2,40	58,4	15,6	1,08	2,24	22,0	17,6
		13			21,7	16,9		3,85	6,28	254	39,9	2,36	66,8	17,4	1,03	2,29	25,5	19,7
10	100	10	12	6	19,0	14,8	7,07	4,05	7,13	285	40,2	2,72	75,0	18,5	1,25	2,18	25,3	21,0
		12			22,6	17,6		4,15	7,06	333	47,1	2,68	87,7	21,2	1,21	2,22	29,8	24,1
		14			26,0	20,3		4,25	6,99	378	53,4	2,63	99,5	23,5	1,16	2,27	34,1	26,7
11	110	10	12	6	21,0	16,4	7,78	4,41	7,88	385	49,4	3,02	101	22,9	1,40	2,16	30,9	25,9
		12			25,0	19,5		4,51	7,81	450	57,7	2,97	118	26,2	1,35	2,20	36,3	29,9
		14			28,9	22,5		4,61	7,74	513	65,9	2,93	135	29,3	1,30	2,25	41,7	33,5
12	120	11	13	6,5	25,2	19,7	8,48	4,84	8,59	549	64,8	3,29	144	29,8	1,51	2,17	40,3	33,8
		13			29,5	23,0		4,93	8,52	634	74,9	3,26	167	33,8	1,47	2,21	46,9	38,1
		15			33,8	26,3		5,02	8,45	715	84,4	3,22	188	37,5	1,43	2,25	53,3	42,8
13	130	12	14	7	29,8	23,2	9,19	5,22	9,31	763	83,1	3,59	201	38,6	1,66	2,16	51,5	43,4
		14			34,4	26,9		5,32	9,24	867	94,4	3,53	229	43,0	1,60	2,20	59,3	48,3
		16			39,0	30,5		5,42	9,17	970	106	3,48	256	47,3	1,55	2,24	66,8	53,7
14	140	13	15	7,5	34,7	27,1	9,90	5,64	10,02	1025	104	3,84	270	47,9	1,77	2,16	64,7	54,5
		15			39,8	31,0		5,74	9,95	1160	117	3,78	305	53,2	1,72	2,20	73,7	60,4
		17			44,7	34,9		5,84	9,88	1290	130	3,73	339	58,0	1,66	2,24	82,5	66,6
15	150	14	16	8	40,0	31,2	10,6	6,04	10,7	1360	128	4,11	358	59,3	1,90	2,16	80,0	67,0
		16			45,4	35,4		6,14	10,7	1525	144	4,07	401	65,3	1,85	2,20	90,3	74,2
		18			50,8	39,6		6,24	10,6	1685	159	4,02	443	71,1	1,80	2,24	100,4	80,5
16	160	15	17	8,5	45,8	35,7	11,3	6,45	11,5	1760	156	4,38	463	71,8	2,02	2,16	96,9	81,2
		17			51,5	40,2		6,55	11,4	1970	174	4,33	518	79,0	1,97	2,20	109,4	89,6
		19			57,2	44,6		6,65	11,3	2160	191	4,28	569	85,5	1,92	2,23	120,7	97,6

Fig. 59.



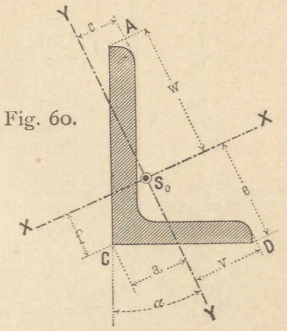
3) Normalprofile für ungleichfchenkellge Winkeleifen (Fig. 59 u. 60).

Verhältnifs der Schenkellängen $\frac{B}{b} = 1\,{}^1/_2$.

$d_{min} = \frac{b + B}{20}$, jedoch mit geringfügigen Abweichungen;

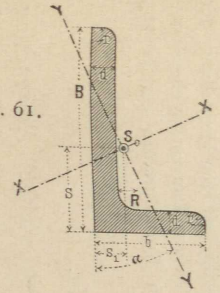
$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}$; $r = \frac{R}{2}$.

Fig. 60.



Profil-Nr.	Dimenfionen in Millimeter					Querfchnitt F	Gewicht von 1 Meter G	(S) Schwerpunkts-Abftände in cm		Lage der Hauptaxe YY	Abftände von den Hauptaxen in cm						Momente (in cm) für die Biegungsebene YY			Momente (in cm) für die Biegungsebene XX			Verhältnifs $\frac{W_y}{W_x}$ =	Widerftands-Momente (in cm) bei verticaler Belaftung (V) u. gegen Seitenausbiegung durch H gefi cherter horizontaler Lagerung		Widerftandsmomente (in cm) für horizont. Lagerung bei verticaler Belaftung und freier feitl. Durchbiegung	
											von der XX-Axe			von der YY-Axe											
	b	B	d	R	r	qcm	kg	s	s_1	tg a	w	e	f	v	a	c	Träg-heits-Moment T_y	Wider-ftands-Moment W_y	Wir-kungs-grad $\frac{W_y}{G} = \mathfrak{w}_y$	Träg-heits-Moment T_x	Wider-ftands-Moment W_x	Wir-kungs-grad $\frac{W_x}{G} = \mathfrak{w}_x$	m	Flachlieg. $H = 0{,}878\,V$	Hochlieg. $H = 0{,}314\,V$	Flachlg.	Hochlg.
2 | 3	20	30	3 4	3,5	2	1,41 1,84	1,10 1,44	1,01 1,05	0,51 0,55	0,407 0,382	2,00 2,00	1,51 1,45	0,76 0,79	1,09 1,04	0,86 0,90	0,48 0,45	1,44 1,79	0,718 0,896	0,65 0,62	0,292 0,392	0,263 0,377	0,24 0,26	2,68 2,38	0,305 0,393	0,639 0,828	0,260 0,355	0,515 0,644
3 | 4 ½	30	45	4 5	4,5	2	2,84 3,50	2,22 2,73	1,50 1,54	0,75 0,79	0,421 0,400	3,05 3,03	2,30 2,28	1,11 1,15	1,62 1,65	1,30 1,31	0,79 0,78	6,63 7,91	2,68 2,61	0,98 0,96	1,29 1,64	0,795 0,990	0,36 0,36	2,74 2,63	0,93 1,13	1,94 2,38	0,771 0,961	1,56 1,87
4 | 6	40	60	5 7	6	3	4,75 6,51	3,71 5,08	1,99 2,06	0,99 1,06	0,426 0,400	4,11 4,06	3,01 3,00	1,44 1,52	2,02 2,10	1,72 1,72	1,03 1,04	19,9 26,0	4,85 6,40	1,31 1,26	3,79 5,39	1,88 2,56	0,51 0,50	2,58 2,50	2,08 2,80	4,33 5,88	1,82 2,48	3,48 4,60
5 | 7 ½	50	75	7 9	8	4	8,26 10,44	6,4 8,1	2,51 2,58	1,26 1,33	0,417 0,398	5,10 5,10	3,75 3,73	1,83 1,88	2,64 2,60	2,10 2,19	1,26 1,27	53,2 64,9	10,4 12,7	1,62 1,56	10,5 13,6	3,97 5,21	0,62 0,64	2,62 2,44	4,49 5,60	9,39 11,80	3,84 5,05	7,48 9,13
6 ½ | 10	65	100	9 11	10	5	14,04 16,94	11,0 13,2	3,37 3,44	1,62 1,69	0,399 0,384	6,77 6,72	4,90 4,98	2,51 2,60	3,54 3,51	2,76 2,79	1,62 1,73	160 188	23,7 28,0	2,16 2,12	30,1 36,9	8,5 10,5	0,78 0,79	2,78 2,66	9,82 11,70	21,5 25,7	8,25 10,20	17,0 20,1
8 | 12	80	120	10 12	11	5,5	19,0 22,56	14,8 17,6	3,97 4,05	1,97 2,05	0,425 0,412	8,18 8,10	6,00 6,04	2,90 3,00	4,20 4,20	3,36 3,46	2,11 2,08	318 368	38,8 45,5	2,63 2,59	61,1 73,8	14,6 17,6	0,99 1,00	2,65 2,58	16,6 19,6	34,7 41,0	14,1 17,0	27,8 32,7
10 | 15	100	150	12 14	13	6,5	28,56 33,04	22,3 25,8	4,95 5,02	2,45 2,52	0,426 0,418	10,18 10,18	7,51 7,52	3,62 3,62	5,26 5,32	4,20 4,28	2,62 2,58	749 851	73,7 83,9	3,31 3,26	143,6 167,4	27,2 31,5	1,22 1,22	2,71 2,67	31,4 36,0	65,2 73,1	26,4 30,5	52,9 60,3

Fig. 61.



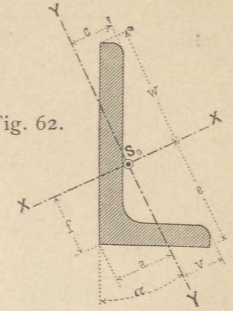
γ) Normalprofile für ungleichschenkelige Winkeleisen Fig. 61 u. 62).

Verhältnifs der Schenkellängen $\frac{B}{b} = 2$.

$d_{min} = \frac{b + B}{20}$, jedoch mit geringfügigen Abweichungen;

$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}$; $r = \frac{R}{2}$.

Fig. 62.

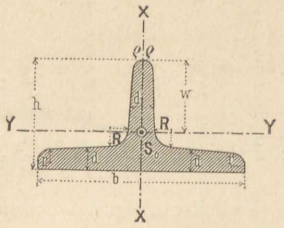


Profil-Nr.	Dimensionen in Millimeter					Querschnitt F	Gewicht G von 1 Meter	(Sδ) Schwerpunkts-Abstände in cm		Lage der Hauptaxe YY	Abstände von den Hauptaxen in cm						Momente (in cm) für die Biegungsebene YY			Momente (in cm) für die Biegungsebene XX			Verhältnifs $\frac{W_y}{W_x}$ =	Widerstands-Momente (in cm) bei verticaler Belaftung (V) u. gegen Seitenausbiegung durch H geficherter horizontaler Lagerung		Widerstandsmomente (in cm) für horizont. Lagerung bei verticaler Belaftung und freier feitl. Durchbiegung	
											von der XX-Axe			von der YY-Axe											
	b	B	d	R	r	qcm	kg	s	s_1	tg a	w	e	f	v	a	c	Trägheits-Moment T_y	Widerftands-Moment W_y	Wirkungsgrad $\frac{W_y}{G} = \mathfrak{w}_y$	Trägheits-Moment T_x	Widerftands-Moment W_x	Wirkungsgrad $\frac{W_x}{G} = \mathfrak{w}_x$	m	Flachlieg. $H = 1{,}24\ V$	Hochlieg. $H = 0{,}21\ V$	Flachlg.	Hochlg.
2 | 4	20	40	3 4	3,5	2	1,71 2,24	1,33 1,75	1,45 1,49	0,45 0,49	0,252 0,231	2,56 2,53	1,86 1,79	1,30 1,34	1,19 1,18	0,80 0,82	0,41 0,42	2,99 3,79	1,17 1,50	0,88 0,86	0,331 0,445	0,279 0,378	0,21 0,216	4,20 3,97	0,316 0,407	1,11 1,44	0,275 0,373	0,885 1,13
3 | 6	30	60	5 7	6	3	4,25 5,81	3,32 4,53	2,20 2,27	0,69 0,77	0,242 0,215	3,88 3,85	2,68 2,70	1,96 2,06	1,77 1,78	1,19 1,25	0,63 0,65	16,5 21,7	4,25 5,63	1,28 1,24	1,89 2,66	1,08 1,50	0,325 0,33	3,94 3,76	1,17 1,57	4,13 5,59	1,07 1,48	3,21 4,26
4 | 8	40	80	6 8	7	3,5	6,84 8,96	5,34 7,00	2,90 2,97	0,90 0,97	0,249 0,229	5,17 5,15	3,55 3,59	2,60 2,66	2,40 2,37	1,55 1,60	0,87 0,94	47,7 60,6	9,22 11,8	1,73 1,68	5,36 7,16	2,23 3,02	0,42 0,43	4,15 3,91	2,53 3,25	8,87 11,5	2,20 2,98	7,00 8,94
5 | 10	50	100	8 10	9	4,5	11,36 14,00	8,9 10,9	3,64 3,71	1,14 1,21	0,246 0,231	6,45 6,39	4,43 4,45	3,23 3,32	2,94 2,96	1,96 2,04	1,07 1,14	123 148	19,1 23,2	2,14 2,13	13,9 17,4	4,73 5,88	0,53 0,54	4,04 3,95	5,22 6,34	18,4 22,5	4,67 5,80	14,5 17,6
6½ | 13	65	130	10 12	11	5,5	18,50 21,96	14,4 17,1	4,72 4,79	1,47 1,54	0,241 0,236	8,40 8,38	5,78 5,80	4,21 4,30	3,88 3,84	2,59 2,61	1,42 1,42	340 396	40,5 47,2	2,81 2,76	38,0 45,9	9,79 12,0	0,68 0,70	4,14 3,94	11,1 13,0	39,0 46,0	9,69 11,80	30,7 35,7
8 | 16	80	160	12 14	13	6,5	27,36 31,64	21,3 24,7	5,79 5,87	1,79 1,87	0,249 0,240	10,35 10,30	7,10 7,10	5,20 5,27	4,30 4,78	3,16 3,20	1,75 1,78	764 870	73,9 84,6	3,47 3,44	85,9 99,6	17,9 20,8	0,84 0,85	4,14 4,07	20,2 23,1	70,9 81,7	17,7 20,5	56,0 64,1
10 | 20	100	200	14 16	15	7,5	40,04 45,44	31,2 35,4	7,20 7,27	2,20 2,28	0,252 0,246	12,97 12,85	8,89 8,92	6,44 6,54	6,00 5,94	3,90 3,96	2,23 2,20	1757 1970	135,5 252,5	4,35 4,31	196 223	32,7 37,5	1,05 1,06	4,15 4,06	37,1 41,8	130,9 147,1	32,3 37,0	100,2 115,0

271. T-Eisen.

δ) Normalprofile für breitfüfsige T-Eisen (Fig. 63).

Fig. 63.



$$h = \frac{b}{2};$$

$$d = 0{,}15\ h + 1\ \text{mm};$$

$$R = d;\ r = \frac{R}{2};\ \varrho = \frac{R}{4};$$

Neigung im Fufs 2 Procent, an jeder Seite des Steges 4 Procent.

Profil-Nr.	Dimenfionen in Millimeter						Querfchnitt F	Gewicht von 1 Meter G	Schwerpunkts-Abftand w	Momente (in cm) für die YY-Biegungsebene			Momente (in cm) für die XX-Biegungsebene		
	b	h	d	R	r	ϱ	qcm	kg	cm	Trägheits-Moment Ty	Widerftands-Moment Wy	Wirkungsgrad $\frac{Wy}{G} = \mathfrak{w}_y$	Trägheits-Moment Tx	Widerftands-Moment Wx	Wirkungsgrad $\frac{Wx}{G} = \mathfrak{w}_x$
6 | 3	60	30	5,5	5,5	3	1,5	4,64	3,6	2,30	9,98	3,33	0,93	2,91	1,26	0,35
7 | 3½	70	35	6	6	3	1,5	5,94	4,6	2,69	17,3	4,94	1,07	5,12	1,90	0,41
8 | 4	80	40	7	7	3,5	2	7,91	6,2	3,07	30,1	7,52	1,21	8,87	2,89	0,47
9 | 4½	90	45	8	8	4	2	10,16	7,9	3,45	49,0	10,9	1,38	14,4	4,18	0,53
10 | 5	100	50	8,5	8,5	4	2	12,02	9,4	3,84	71,3	14,3	1,52	21,2	5,51	0,59
12 | 6	120	60	10	10	5	2,5	17,0	13,3	4,62	145	24,2	1,82	43,2	9,35	0,70
14 | 7	140	70	11,5	11,5	6	3	22,8	17,8	5,39	265	37,8	2,12	79,1	14,7	0,82
16 | 8	160	80	13	13	6,5	3,5	29,5	23,0	6,17	446	55,8	2,43	134	21,7	0,94
18 | 9	180	90	14,5	14,5	7,5	3,5	37,0	28,9	6,95	709	78,8	2,73	213	30,5	1,06
20 | 10	200	100	16	16	8	4	45,4	35,4	7,72	1073	107	3,04	323	41,8	1,18

Die Einführung der »Deutfchen Normalprofile« hat bereits günftige Fortfchritte gemacht. Der deutfche Reichskanzler fowohl, als auch der preufsifche Minifter der öffentlichen Arbeiten haben im erften Halbjahr 1881 die Anordnung getroffen, dafs diefe Profile im Intereffe der Eifeninduftrie bei vorkommenden Fällen in Anwendung zu bringen find, fo weit nicht durch die Eigenthümlichkeit einzelner Conftructionen und Combinationen andere Profilformen nothwendig werden. Auch die Kaiferl. Marine-Admiralität, das Bayerifche Staats-Miniflerium, das Württembergifche Miniflerium, das Sächfifche Finanz-Miniflerium, das Heffifche Finanz-Miniflerium, das Sachfen-Meiningen'fche Staats-Miniflerium, das Schwarzburgifche Miniflerium zu Rudolftadt, das Badifche Miniflerium des Inneren, das Braunfchweigifch-Lüneburgifche Staats-Miniflerium, der Senat von Lübeck und die Bau-Deputation von Hamburg haben Verfügungen in ähnlichem Sinne erlaffen.

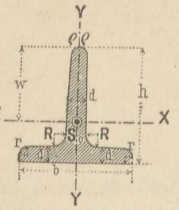
Eben fo haben die deutfchen Walzwerke fofort die gröfste Bereitwilligkeit zur Herftellung der »Deutfchen Normalprofil-Eifen« ausgefprochen und den gröfsten Theil ihrer Walzen dem entfprechend umgeändert. Im Juli 1886 wurden thatfächlich von den 185 feft geftellten Normalprofilen bereits 183 erzeugt.

6) Bleche und Blecherzeugniffe.

Eifenbleche finden als Conftructions- und Ausbau-Material vielfach Anwendung. Sie erhalten entweder keinen Ueberzug — Schwarzbleche, oder fie find, um fie

ε) Normalprofile für hochſtegige T-Eiſen (Fig. 64).

Fig. 64.



$h = b$; $d = 0{,}1\ h + 1$ mm;
$R = d$; $r = \frac{R}{2}$; $\varrho = \frac{R}{4}$;
Neigung im Fuſs 2 Procent,
auf jeder Seite des Steges 2 Procent.

Profil-Nr.	Dimenſionen in Millimeter						Querſchnitt F	Gewicht von 1 Meter G	Schwerpunkts-Abſtand z_0	Momente (in cm) für die YY-Biegungsebene			Momente (in cm) für die XX-Biegungsebene		
	b	h	d	R	r	ϱ	qcm	kg	cm	Trägheits-Moment T_y	Widerſtands-Moment W_y	Wirkungsgrad $\frac{W_y}{G} = \mathfrak{w}_y$	Trägheits-Moment T_x	Widerſtands-Moment W_x	Wirkungsgrad $\frac{W_x}{G} = \mathfrak{w}_x$
2|2	20	20	3	3	1,5	1	1,11	0,9	1,39	0,403	0,29	0,32	0,204	0,20	0,23
2½|2½	25	25	3,5	3,5	2	1	1,63	1,3	1,75	0,931	0,53	0,41	0,463	0,37	0,29
3|3	30	30	4	4	2	1	2,24	1,7	2,10	1,86	0,88	0,52	0,914	0,61	0,36
3½|3½	35	35	4,5	4,5	2	1	2,95	2,3	2,46	3,34	1,36	0,59	1,63	0,93	0,41
4|4	40	40	5	5	2,5	1	3,75	2,9	2,82	5,56	1,97	0,68	2,70	1,35	0,47
4½|4½	45	45	5,5	5,5	3	1,5	4,65	3,6	3,17	8,74	2,76	0,77	4,23	1,88	0,52
5|5	50	50	6	6	3	1,5	5,64	4,4	3,53	13,1	3,71	0,84	6,33	2,54	0,58
6|6	60	60	7	7	3,5	2	7,91	6,2	4,24	26,4	6,23	1,00	12,8	4,25	0,69
7|7	70	70	8	8	4	2	10,6	8,2	4,96	48,4	9,76	1,19	23,1	6,62	0,81
8|8	80	80	9	9	4,5	2	13,6	10,6	5,67	81,5	14,4	1,36	38,8	9,70	0,92
9|9	90	90	10	10	5	2,5	17,0	13,3	6,88	129	20,3	1,52	61,4	13,6	1,02
10|10	100	100	11	11	5,5	3	20,8	16,2	7,10	195	27,5	1,70	92,7	18,5	1,14
12|12	120	120	13	13	6,5	3	29,5	23,0	8,52	389	45,6	1,98	189	31,5	1,37
14|14	140	140	15	15	7,5	4	39,8	31,0	9,95	734	73,7	2,38	347	49,5	1,60

vor Roſt etc. zu ſchützen, verzinnt, bezw. verzinkt — Weiſsbleche und verzinkte Eiſenbleche; ſeltener kommen Ueberzüge von Email vor.

272. Schwarzblech.

α) Schwarz- oder Sturzbleche. Für die Dicke derſelben dient jetzt noch vielfach die Dillinger oder ältere deutſche Blechlehre, welche nachſtehende Nummern feſt ſetzt[137]):

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

137) In der Dillinger Lehre entſprechen die Nr. 22, 22½, 23 und 24 den Nr. 23, 24, 25 und 26 der neuen deutſchen Lehre. Die neue deutſche Draht- und Blechlehre iſt in Art. 285 aufgenommen.

273. [-Eisen.

ζ) Normalprofile für [-Eisen (Fig. 65).

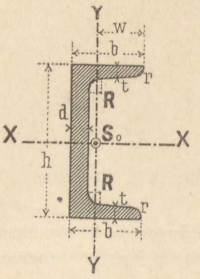


Fig. 65.

$b = 0{,}25\ h + 25$ mm;

$R = t$; $r = \frac{t}{2}$;

Neigung der inneren Flanschflächen 8 Procent.

Profil-Nr.	Dimensionen in Millimeter						Querschnitt F	Gewicht von 1 Meter G	Schwerpunkts-Abstand w	Momente (in cm) für die YY-Biegungsebene			Momente (in cm) für die XX-Biegungsebene			Verhältnifs $\frac{W}{W_x} =$	Kleinftes Widerftands-Moment für die ungünftigfte Belaftungsebene, für welche
	h	b	d	t	R	r	qcm	kg	cm	Träg-heits-Moment Ty	Wider-ftands-Moment W_y	Wir-kungs-grad $\frac{W_y}{G} =$ w_y	Träg-heits-Moment Tx	Wider-ftands-Moment W_x	Wir-kungs-grad $\frac{W_y}{G} =$ w_x	m	tg β = m
3	30	33	5	7	7	3,5	5,42	4,2	1,86	6,5	4,3	1,0	5,2	2,8	0,66	1,54	2,35
4	40	35	5	7	7	3,5	6,20	4,8	2,04	14,2	7,1	1,5	7,3	3,6	0,74	1,97	3,20
5	50	38	5	7	7	3,5	7,12	5,6	2,32	26,7	10,7	1,9	10,0	4,3	0,76	2,50	4,00
6½	65	42	5,5	7,5	7,5	4	9,05	7,1	2,66	58,2	17,9	2,5	15,7	5,9	0,83	3,04	5,61
8	80	45	6	8	8	4	11,04	8,6	2,93	107	26,7	3,1	21,7	7,4	0,86	3,60	7,13
10	100	50	6	8,5	8,5	4,5	13,5	10,5	3,31	207	41,4	3,9	33,1	10,0	0,95	4,14	9,60
12	120	55	7	9	9	4,5	17,04	13,3	3,76	368	61,3	4,6	49,2	13,1	0,99	4,69	12,8
14	140	60	7	10	10	5	20,4	15,9	4,09	609	87,0	5,5	71,2	17,4	1,10	5,00	17,0
16	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	24,1	18,8	4,49	932	117	6,2	97,4	21,7	1,16	5,38	21,2
18	180	70	8	11	11	5,5	28,0	21,9	4,90	1364	152	6,9	130	26,6	1,22	5,70	26,1
20	200	75	8,5	11,5	11,5	6	32,3	25,2	5,30	1927	193	7,7	171	32,2	1,28	5,99	31,9
22	220	80	9	12,5	12,5	6,5	37,6	29,3	5,66	2712	247	8,4	226	39,9	1,36	6,19	39,5
26	260	90	10	14	14	7	48,4	37,8	6,42	4857	374	9,9	365	56,9	1,51	6,57	56,3
30	300	100	10	16	16	8	58,8	45,9	7,05	8064	538	11,7	564	80,0	1,70	6,72	79,2

Nach den schon mehrfach erwähnten Beschlüssen 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 der Bündel beträgt 50 und 25 kg. Abweichungen von $\pm$ 5 mm in der Länge und Breite sind gestattet.

Das Schwarzblech wird für eine grofse Zahl von Constructionen des inneren Ausbaues verwendet; insbesondere betrifft dies alle gröfseren und kleineren Bautheile, die aus der Hand des Bauschlossers hervorgehen. Indefs kann es auch einen Bestandtheil genieteter Träger, Consolen, Freistützen etc. bilden.

274. Kesselblech.

β) Kesselbleche sind gleichfalls Schwarzbleche, jedoch solche von gröfserer Dicke (bis 20 mm). *Merthens* empfiehlt [138]), die Bezeichnungen Schwarzblech und Kesselblech 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 Kesselbleche sind es hauptsächlich, welche zur Herstellung von kräftigeren Dach- und Decken-Constructionen, von Freistützen, welche gröfsere Drücke aufzunehmen heben, etc. Verwendung finden.

[138]) A. a. O., S. 165.

η) Normalprofile für I-Eifen (Fig. 66).

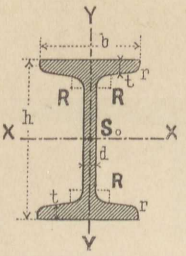


Fig. 66.

Bis $h = 250$ mm ift $b = 0{,}4\ h + 10$ mm; $d = 0{,}03\ h + 1{,}5$ mm.

Für $h > 250$ mm ift $b = 0{,}3\ h + 35$ mm; $d = 0{,}036\ h$.

Neigung der inneren Flanfchflächen 14 Procent. $R = d$; $r = 0{,}6\ d$.

Profil-Nr.	Dimenfionen in Millimeter						Querfchnitt F	Gewicht von 1 Meter G	Momente (in cm) für die YY-Biegungsebene			Momente (in cm) für die XX-Biegungsebene			Verhältnifs $\frac{W_y}{W_x} =$
	h	b	d	t	R	r	qcm	kg	Trägheits-Moment T_y	Widerftands-Moment W_y	Wirkungsgrad $\frac{W_y}{G} = \mathfrak{w}_y$	Trägheits-Moment T_x	Widerftands-Moment W_x	Wirkungsgrad $\frac{W_x}{G} = \mathfrak{w}_x$	m
8	80	42	3,9	5,9	3,9	2,3	7,61	6,0	78,4	19,6	3,3	7,35	3,5	0,58	5,6
9	90	46	4,2	6,3	4,2	2,5	9,05	7,1	118	26,2	3,7	10,4	4,5	0,63	5,8
10	100	50	4,5	6,8	4,5	2,7	10,69	8,3	172	34,4	4,1	14,3	5,7	0,69	6,0
11	110	54	4,8	7,2	4,8	2,9	12,36	9,6	241	43,8	4,5	18,9	7,0	0,73	6,2
12	120	58	5,1	7,7	5,1	3,1	14,27	11,1	331	55,1	5,0	25,2	8,7	0,78	6,4
13	130	62	5,4	8,1	5,4	3,2	16,19	12,6	441	67,8	5,4	32,2	10,4	0,83	6,5
14	140	66	5,7	8,6	5,7	3,4	18,35	14,3	579	82,7	5,8	41,3	12,5	0,88	6,6
15	150	70	6,0	9,0	6,0	3,6	20,5	16,0	743	99,0	6,2	51,8	14,8	0,92	6,7
16	160	74	6,3	9,5	6,3	3,8	22,9	17,9	945	118	6,6	64,4	17,4	0,97	6,8
17	170	78	6,6	9,9	6,6	4,0	25,4	19,8	1177	139	7,0	78,8	20,2	1,02	6,9
18	180	82	6,9	10,4	6,9	4,1	28,0	21,9	1460	162	7,4	95,9	23,4	1,07	7,0
19	190	86	7,2	10,8	7,2	4,3	30,7	24,0	1779	187	7,8	115,2	26,8	1,12	7,0
20	200	90	7,5	11,3	7,5	4,5	33,7	26,2	2162	216	8,3	138	30,7	1,17	7,0
21	210	94	7,8	11,7	7,8	4,7	36,6	28,5	2587	246	8,7	163	34,6	1,22	7,1
22	220	98	8,1	12,2	8,1	4,9	39,8	31,0	3090	281	9,1	192	39,2	1,27	7,2
23	230	102	8,4	12,6	8,4	5,0	42,9	33,5	3642	317	9,5	224	43,9	1,31	7,2
24	240	106	8,7	13,1	8,7	5,2	46,4	36,2	4288	357	9,9	261	49,3	1,36	7,2
26	260	113	9,4	14,1	9,4	5,6	53,7	41,9	5798	446	10,7	341	60,3	1,44	7,4
28	280	119	10,1	15,2	10,1	6,1	61,4	47,9	7658	547	11,4	429	72,1	1,51	7,6
30	300	125	10,8	16,2	10,8	6,5	69,4	54,1	9888	659	12,2	530	84,8	1,57	7,8
32	320	131	11,5	17,3	11,5	6,9	78,2	61,0	12622	789	13,0	652	99,5	1,64	7,9
34	340	137	12,2	18,3	12,2	7,3	87,2	68,0	15827	931	13,7	789	115	1,69	8,1
36	360	143	13,0	19,5	13,0	7,8	97,5	76,1	19766	1098	14,5	956	134	1,76	8,2
38	380	149	13,7	20,5	13,7	8,2	107,5	83,9	24208	1274	15,2	1138	153	1,82	8,3
40	400	155	14,4	21,6	14,4	8,6	118,3	92,3	29446	1472	16,0	1349	174	1,89	8,5
42½	425	163	15,3	23,0	15,3	9,2	133,0	103,7	37266	1754	16,9	1672	205	1,98	8,6
45	450	170	16,2	24,3	16,2	9,7	147,7	115,2	46204	2054	17,9	2004	236	2,05	8,7
47½	475	178	17,1	25,6	17,1	10,3	163,6	127,6	56912	2396	18,8	2424	272	2,14	8,8
50	500	185	18,0	27,0	18,0	10,8	180,2	140,5	69245	2770	19,7	2871	310	2,21	8,9

276.
Z-Eisen.

8) Normalprofile für Z-Eisen (Fig. 67 bis 69).

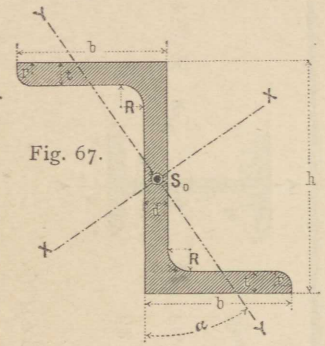


Fig. 67.

$b = 0{,}25\ h + 30\,\text{mm}$;

$d = 0{,}035\ h + 3\,\text{mm}$; jedoch auf halbe Millim. abgerundet.

$t = 0{,}05\ h + 3\,\text{mm}$;

$R = t;\ r = \frac{t}{2}$.

Fig. 68.

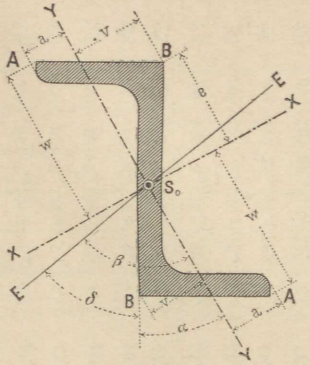
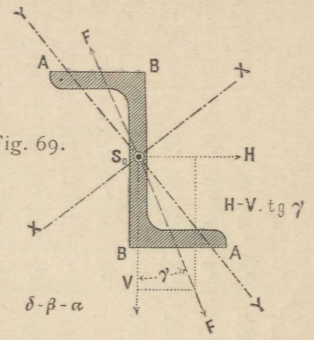


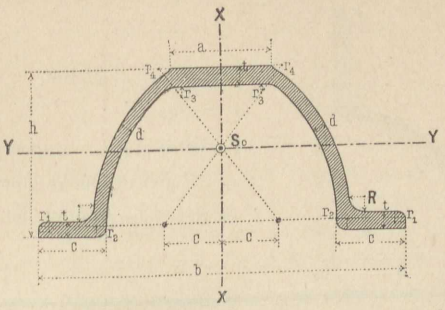
Fig. 69.



Profil-Nr.	Dimensionen in Millimeter						Querschnitt F	Gewicht von 1 Meter G	Lage der Hauptaxe YY	Abstände von den Hauptaxen (in cm) von der XX-Axe		von der YY-Axe		Verhältnisse		Momente (in cm) für die Biegungsebene YY			Momente (in cm) für die Biegungsebene XX			Verhältnifs	Ungünstigste Belastung in der Ebene EE			Verticale Belastung (V) bei Verhinderung seitlicher Ausbauchung durch H		Verticale Belastung (V) bei freier Ausbiegung zur Seite
	h	b	d	t	R	r	qcm	kg	tg α	w	e	v	a	$\frac{e}{w}$	$\frac{a}{v}$	Trägheits-Moment Ty	Widerstands-Moment Wy	Wirkungsgrad $\frac{W_y}{G} = w_y$	Trägheits-Moment Tx	Widerstands-Moment Wx	Wirkungsgrad $\frac{W_x}{G} = w_x$	$\frac{W_y}{W_x} =$	für $m\frac{w}{e} =$ tg β	oder für $\delta=\beta-\alpha$, oder tg δ	Kleinstes Widerstands-Moment (in cm) W	Widerstands-Moment hierfür (in cm)	$\frac{H}{V} =$ tg γ	Widerstands-Moment hierfür (in cm)
																						m						
3	30	38	4	4,5	4,5	2,5	4,26	3,3	1,69	3,86	0,56	1,41	0,84	0,145	0,60	18,3	4,75	1,44	1,61	1,14	0,35	4,18	28,9	0,545	1,13	4,0	1,23	1,29
4	40	40	4,5	5	5	2,5	5,35	4,2	1,20	4,19	1,10	1,68	1,16	0,262	0,69	28,3	6,76	1,61	3,00	1,79	0,43	3,79	14,5	0,720	1,78	6,7	0,934	2,19
5	50	43	5	5,5	5,5	3	6,68	5,2	0,96	4,62	1,60	1,92	1,45	0,346	0,76	45,2	9,80	1,88	5,17	2,69	0,52	3,65	10,6	0,864	2,67	10,4	0,772	3,53
6	60	45	5	6	6	3	7,90	6,1	0,80	5,00	2,19	2,10	1,69	0,438	0,81	67,9	13,6	2,22	7,07	3,34	0,55	4,07	9,3	1,01	3,32	14,7	0,675	4,70
8	80	50	6	7	7	3,5	10,96	8,6	0,61	5,86	3,26	2,34	2,15	0,556	0,92	142,9	24,4	2,83	13,6	5,82	0,68	4,19	7,52	1,24	5,78	27,0	0,532	9,15
10	100	55	6,5	8	8	4	14,26	11,1	0,52	6,84	4,30	2,60	2,53	0,629	0,97	272	39,7	3,58	21,1	8,14	0,73	4,88	7,76	1,44	8,04	43,8	0,466	14,2
12	120	60	7	9	9	4,5	17,94	14,0	0,46	7,88	5,32	2,81	2,81	0,674	1,00	474	60,1	4,30	30,0	10,7	0,77	5,64	— 5,64	3,77	10,5	65,9	0,428	20,2
14	140	65	8	10	10	5	22,60	17,6	0,42	8,79	6,33	3,03	3,15	0,720	1,04	773	88,0	5,01	44,6	14,2	0,80	6,22	— 6,22	4,20	14,0	95,1	0,389	28,4
16	160	70	8,5	11	11	5,5	27,13	21,2	0,39	9,85	7,32	3,29	3,48	0,744	1,06	1193	120,5	5,69	58,8	16,9	0,80	7,13	— 7,13	4,22	16,7	130,3	0,367	36,6

ε) Normalprofile für Belag- (*Zorès-*) Eifen (Fig. 70). 277. Belageifen.

Fig. 70.



$R = t = r_3$; $r_1 = d$; $r_2 = d - 0{,}5$ mm; $r_4 = 0{,}6\,d + 1{,}3$ mm.

Profil-Nr.	Dimenfionen in Millimeter								Querfchnitt F qcm	Gewicht von 1 Meter G kg	Momente (in cm) für die YY-Biegungsebene			Momente (in cm) für die XX-Biegungsebene			Verhältnifs $\frac{W_y}{W_x}$ = m	Kleinftes Widerftands-Moment für die ungünftigfte Belaftungsebene für $\operatorname{tg}\varphi = \frac{1}{m}$
	h	b	a	c	t auch $= R = r_3$	d auch $= r_1$	r_2	r_4			Träg-heits-Moment T_y	Wider-ftands-Moment W_y	Wir-kungs-grad $\frac{W_y}{G} = w_y$	Träg-heits-Moment T_x	Wider-ftands-Moment W_x	Wir-kungs-grad $\frac{W_x}{G} = w_x$		
5	50	120	33	21	5	3	2,5	3,1	6,8	5,3	84	14,0	2,64	24,0	9,6	1,8	1,46	7,9
6	60	140	38	24	6	3,5	3	3,4	9,5	7,3	161	23,0	3,15	47,7	15,9	2,2	1,45	13,1
$7^1/_2$	75	170	45,5	28,5	7	4	3,5	3,7	13,4	10,3	353	40,4	3,92	106	28,3	2,7	1,43	23,2
9	90	200	53	33	8	4,5	4	4	17,9	13,8	647	64,7	4,69	206	45,8	2,3	1,42	37,3
11	110	240	63	39	9	5	4,5	4,3	24,2	18,6	1272	106	5,70	419	76,2	4,0	1,40	61,6

278. Weifsblech.

γ) Weifsbleche kommen gleichfalls in verfchiedenen Stärken und Formaten im Handel vor. Folgende Normalabmeffungen find 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 gemeinfamer Länge von 750 mm.

Als Normalabmeffung der Senkler-Bleche gilt das Einfach-Format; Foderbleche werden in Einfach- und Doppel-Format erzeugt.

Die Verpackung gefchieht nach bisherigem Gebrauch in Holzkiften 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 »fehr fein«, *F* für »fein«, *A* und *AA* für Ausfchufs.

Als Netto-Normalgewichte der Bleche haben für 1 Kifte zu gelten:

für 300 Tafeln Einfach-Format 90 kg
» 150 » Doppel-Format 90 kg
» 150 » Hochfolio-Format 90 kg
für 75 Tafeln Vierfach-Format und Rinnenblech 90 kg
» 300 » leichtes Einfach-Format 50, 42 u. 37 kg
» 150 » leichtes Doppel-Format 65 kg.

Schwarzbleche find entfprechend ca. 5 kg für die Kifte leichter.

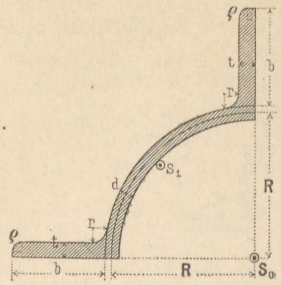
Auf den Kiften find Fabriksmarke, Sorte und Qualität, fo wie das Bruttogewicht erfichtlich zu machen. Die Preife find bei den laufenden Sorten für 1 Kifte, bei nicht laufenden für je 100 kg Nettogewicht anzugeben. Die bisherigen Bezeichnungen Senkler-, Foder-, Kreuzbleche etc. find im Grofsverkehr fallen zu laffen.

Das Weifsblech wird, wenn auch felten, zur Dachdeckung, für Dachtraufen, Regenröhren, für Klappen etc. angewendet.

279. Quadrant-Eifen.

α) Normalprofile für Quadrant-Eifen (Fig. 71).

Fig. 71.



$b = 0{,}2\ R + 25$ mm;
$r = 0{,}12\ R$;
$\varrho = 0{,}06\ R$;
s_1 der Schwerpunkt eines Quadranten;
S_0 der Schwerpunkt der vollen Röhre.

Profil-Nr.	Dimenfionen in Millimeter						Querfchnitt F der vollen Röhre	Gewicht von 1 Meter G der vollen Röhre	Volle Röhre. Trägheits-Moment (in cm) für jede Biegungsebene	Gröfstes Widerftands-Moment für die ZZ-Biegungsebene		Kleinftes Widerftands-Moment f. d. XX- od. YY-Biegungsebene	
	R	b	d	t	r	ϱ	qcm	kg	T	Widerftands-Moment (in cm) W_z	Wirkungsgrad $\frac{W_z}{G} = \mathfrak{w}_z$	Widerftands-Moment (in cm) W_x	Wirkungsgrad $\frac{W_x}{G} = \mathfrak{w}_x$
5	50	35	4	6	6	3	29,8	23,4	573	90	3,85	66	2,82
5	50	35	8	8	6	3	48,0	37,5	901	135	3,60	101	2,69
7½	75	40	6	8	9	4,5	54,9	42,9	2046	235	5,48	173	4,04
7½	75	40	10	10	9	4,5	80,2	62,8	2957	329	5,23	246	3,91
10	100	45	8	10	12	6	88,1	68,9	5434	499	7,24	365	5,30
10	100	45	12	12	12	6	120,4	94,0	7395	660	7,02	490	5,21
12½	125	50	10	12	15	7,5	129,3	101,0	11970	907	8,99	665	6,59
12½	125	50	14	14	15	7,5	168,8	131,6	15591	1155	8,78	857	6,53
15	150	55	12	14	18	9	178,9	139,6	23206	1497	10,7	1100	7,88
15	150	55	18	17	18	9	248,1	194,0	32283	2030	10,5	1509	7,78

280. Verzinkte Bleche.

δ) Verzinkte Eifenbleche, auch galvanifirte Bleche genannt, haben fich in den letzten 20 bis 25 Jahren, feit die betreffenden Herftellungsmethoden wefentlich verbeffert worden find, immer gröfseren Eingang verfchafft. Man zieht fie nicht nur den verzinnten Blechen, fondern auch vielfach den Zinkblechen vor, da fie billiger als die letzteren find, eine gröfsere Tragfähigkeit befitzen und beim Temperaturwechfel keine fo grofsen Längenänderungen zeigen. Insbefondere find es die Dachdeckungen, für welche verzinktes Eifenblech immer häufiger zur Anwendung kommt.

Verzinkte Bleche werden in gleichen Formaten, wie Schwarz- und Weifsbleche erzeugt, find aber auch in viel gröfseren Abmeffungen (bis zu 4 m Länge) zu haben.

281. Blecherzeugniffe.

Unter den Blecherzeugniffen ragen, wenn man von den weniger bedeutenden derfelben und von folchen, die hauptfächlich als Ausbau-Material oder für Decorations-Gegenftände dienen, wie Herde, Oefen, Röhren, Dachfenfter, getriebene Ziertheile, gepreffte Ornamente, allerhand Erzeugniffe der Bau- und Kunftfchlofferei etc. abfieht, befonders die gepreffften und gelochten Bleche, fo wie die Wellbleche, die Tonnenbleche, die Buckelplatten und die *Lindfay*-Tröge hervor.

282. Gepreffte und gelochte Bleche.

α) Gepreffte und gelochte Bleche. Vielfache Verwendung als Bodenplatten für Balcone, Pflanzenhäufer, Mafchinenräume etc. finden die gerippten Bleche, welche fich kreuzende Rippen eingepreffft erhalten und in Gröfsen von 3 cm Länge bei 90 cm Breite hergeftellt werden. Zu erwähnen find ferner, für Kellerfenfterverfchlüffe, lüftende Decken, Treppenftufen etc. verwendet, die gelochten Bleche, welche ebenfalls in den gleichen Abmeffungen und mit verfchiedenen Formen und Gröfsen der Durchbrechungen geliefert werden.

Aufser diefen in grofsen Formaten erzeugten Fabrikaten find noch diejenigen Erzeugniffe zu nennen, die für die Zwecke der Dachdeckung hergeftellt werden und an die Stelle der Dachziegel treten. In Theil III, Band 2, Heft 5 (Abfchn. 2, F, Kap. 38, unter e: Dachdeckung mit Eifenblech) diefes »Handbuches« wird von folchen Formblechen eingehend die Rede fein.

β) Wellbleche werden vielfach mit Vortheil 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 Thal halbcylindriſch geformt und durch lothrechte 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. 283. Wellbleche.

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 ca. 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 etc. wird in Theil III, Band 2, Heft 3 (Abſchn. 2, Kap. 6, b, unter 2) dieſes »Handbuches« vorgeführt werden.

Gewöhnliches verzinktes Wellblech wird hauptſächlich zu Dachdeckungen benutzt; allein auch Wand- und Decken-Conſtructionen, ſo wie Thore, Thüren und andere bewegliche Verſchlüſſe, eben ſo Treppen etc. 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. In Folge ſeiner groſsen Tragfähigkeit iſt es auch geeignet, unmittelbar, ohne beſondere ſtützende Conſtructionstheile, als Träger aufzutreten; namentlich laſſen ſich mit bombirten Blechen frei tragende Dächer ohne eigentlichen Dachſtuhl herſtellen, ſo daſs Binder-Conſtruction und Dachdeckung in einem einzigen Conſtructionstheile vereinigt ſind.

γ) Für Decken-Conſtructionen (zur Ausfüllung der Balkenfache) werden bisweilen Tonnenbleche, Buckelplatten und *Lindſay*-Tröge verwendet. 284. Tonnenbleche, Buckelplatten u. *Lindſay*-Tröge.

Die Tonnenbleche werden bis zu 4 qm Gröſse bei den verſchiedenſten Längen- und Breitenverhältniſſen und gewöhnlich 4 bis 10 mm Stärke, mit 1/12 bis 1/8 Pfeil gebogen, in den Handel gebracht.

Die Buckelplatten, von *Mallet* eingeführt, ſind gewöhnlich quadratiſch oder länglich-viereckig geſtaltet und haben eine leichte Erhöhung, einen ſog. Buckel, welcher ſich kugelſegmentförmig 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 Mitteltheile 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 Schmiedeeiſen-Erzeugniſſe.

α) Der Eiſendraht kommt gegenwärtig in 42 verſchiedenen Sorten nach Normalabmeſſungen, welche in einer Verſammlung deutſcher Fabrikanten zu Hagen am 11. December 1873 als »Neue deutſche Drahtlehre« angenommen wurden, in den Handel. Das Binden des Drahtes geſchieht je nach ſeiner Stärke in Bunden von 2, 5, 10, 25 und 50 kg. 285. Draht.

Die neue Draht- und Blechlehre, welche auch für Drahtſtifte und Nägel Giltigkeit 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 nöthige Auswahl bei der wirklichen Verwendung geſtatten, ohne dem Erzeuger das Aufbringen eines wohl verſorgten 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 Handels-

gebräuche 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 theilen, 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 angiebt. Nr. $^3/_1$ heisst deshalb: ein Draht oder Blech von $0{,}3 + 0{,}01$ mm $= 0{,}31$ mm Durchmesser, bezw. Dicke und wird gelesen: »Nr. Drei-Eins«.

Gegenüber den bisherigen Lehren für Draht, Blech und Bandeisen, den englischen, französischen und Dillinger, stellt sich die neue Millimeter-Lehre wie folgt:

Neue deutsche (*Kraft*'sche) Lehre	Nr.	100	94	88	82	76	70	65	60	55	50	46	42	38	34	31	28	25	22	20	18	16
	Dicke (in Millim.)	10	9,4	8,8	8,2	7,6	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,6	4,2	3,8	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6
Engl. Lehre:	Nr.	$^2/_0$	—	0	1	—	2	—	4	5	6	7	8	9	10	11	—	12	13	14	15	16
Franz. Lehre:	Nr.	28	—	27	26	—	25	—	24	23	—	22	21	20	19	18	—	18	15	14	13	12
Dilling. Lehre:	Nr.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	11	—	13	—	—
Neue deutsche (*Kraft*'sche) Lehre:	Nr.	14	13	12	11	10	9	8	7	6	$^5/_5$	5	$^5/_4$	4	$^3/_7$	$^3/_4$	$^3/_1$	$^2/_8$	$^2/_6$	$^2/_4$	$^2/_2$	2
	Dicke (in Millim.)	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 etc. Querschnitt erzeugt, endlich auch solcher mit Stacheln, sog. Stacheldraht, der in Europa von *Felten & Guillaume, Carlswerk* in Mülheim a. Rh. eingeführt worden ist.

Der Draht kommt an und für sich, bald ohne Ueberzug, bald verzinnt oder verzinkt (galvanisirt) im inneren Ausbau zur Anwendung; allein auch Drahtseile, Drahtketten, Drahtgeflechte etc. werden im Hochbauwesen vielfach benutzt[139]).

286. Nägel und Drahtstifte.

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-, Schiefernägel etc. 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-, Glaser-, Schreiner-, Schiefer-, Pappdach-, Tapezier-, Rohr- etc. Stifte etc. unterscheiden sich hauptsächlich in der Form der Köpfe und in der Art der Aufrauhung des Halses und der Seitenrippen. Die Dicken folgen der Drahtlehre, die Längen dem Verbindungszwecke.

287. Nieten und Schrauben.

γ) Niete und Schrauben sind vielfach gebrauchte Verbindungsmittel. Ueber Form und Abmessung der ersteren, so wie auch der sog. Mutterschrauben wird noch in Theil III, Band 1 (Abth. I, Abschn. 3, Kap. 3: Constructions-Elemente in Eisen) dieses »Handbuches« die Rede sein.

Holzschrauben werden nach Länge und Stärke, auch nach der Form des Kopfes, welcher flach oder sphäroidisch sein kann, unterschieden; die flachköpfigen werden in die Holzfläche eingesenkt. 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.

288. Röhren.

δ) Schmiedeeiserne Röhren sind als gezogene, als gewalzte und als nahtlose Rohre zu unterscheiden. Nur die ersteren, welche blos einem schwachen Druck

[139]) Siehe auch:

Japing, E. Draht und Drahtwaaren etc. Wien 1884.

Fehland, H. Die Fabrikation des Eisen- und Stahldrahtes, gewalzt und gezogen, sowie der Drahtstifte. Weimar 1886.

ausgefetzt werden können, finden im Hochbauwefen ausgedehntere Anwendung, und zwar hauptfächlich zu Gasleitungen, wefshalb fie wohl auch fchlechtweg Gasröhren genannt werden. Indefs werden fie auch zu anderweitigen Leitungen, bisweilen mit Ueberzügen von Zinn oder Zink verfehen, fo wie auch zu mannigfaltigen fonftigen Zwecken häufig benutzt. In Fällen, wo man bei thunlichft geringem Eigengewicht möglichft fteife Stangen oder Stäbe erzielen will, bilden fchmiedeeiferne Röhren ein vortreffliches Material.

Im Handel kommen die Gasröhren in nachftehenden Abmeffungen vor:

Lichte Weite		Aeufserer Durchmeffer der Röhre	Aeufserer Durchmeffer des Gewindes	Tiefe des Gewindes	Zahl der Gewinde auf 1 Zoll engl.	Gewicht für 1 m
1/4	6,4	12,5	12,5	0,8	19	0,70
3/8	9,5	16,0	16,0	0,8	19	0,82
1/2	12,7	20,0	20,0	1,0	14	1,02
5/8	15,9	23,5	23,5	1,0	14	1,20
3/8	19,1	26,5	26,5	1,0	14	1,85
1	25,4	33,0	33,0	1,6	11	2,79
1 1/4	31,8	41,0	41,0	1,6	11	3,94
1 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 erft in den letzten Jahren erzeugten nahtlofen Rohre, auch *Mannesmann*-Rohre genannt, werden unmittelbar aus einem vollen runden Block zwifchen Walzen oder Scheiben derart ausgewalzt, dafs die letzteren in den arbeitenden Flächen einander entgegengerichtet laufen, fo dafs das Arbeitsftück felbft fich mitdrehen mufs.

Solche Rohre halten einen Arbeitsdruck von 50 kg für 1 qcm aus. Diefes vorzügliche Material dürfte im Hochbauwefen nur in feltenen Fällen Verwendung finden.

d) Stahl.

289. Schweifsftahl.

Es wurde bereits früher gefagt, dafs der Stahl in Schweifsftahl und Flufsftahl zu trennen ift. Unter Schweifsftahl verfteht man das im teigigen Zuftand durch das Herdfrifch- oder Puddelverfahren gewonnene fchmiedbare, merklich härtbare, nicht fchlackenfreie Material. Will man das Herftellungsverfahren befonders hervorheben, fo kann man Herdfrifchftahl und Puddelftahl unterfcheiden. Das Schweifsen des Stahls heifst Gärben; defshalb wird der Schweifsftahl auch Gärbftahl genannt.

Das Frifchverfahren wurde bereits in Art. 252 (S. 233) kurz erläutert. Wird feftem Roheifen durch Oxydation Kohlenftoff entzogen, fo entfteht fchweifsbarer Gufs- oder Glühftahl; den ganzen Vorgang nennt man Glühfrifchen. Auch das Puddelverfahren wurde an der gleichen Stelle kurz erklärt.

290. Flufsftahl.

Den Ausführungen in Art. 225 (S. 219) entfprechend ift Flufsftahl das im flüffigen Zuftande nach dem Tiegel-, *Beffemer*-, *Thomas*- oder *Martin*-Verfahren hergeftellte fchmiedbare, merklich härtbare, fchlackenfreie Material. Will man auch hier das Herftellungsverfahren betonen, fo können die Bezeichnungen Tiegel-Flufsftahl, *Beffemer*-Flufsftahl, *Thomas*-Flufsftahl und *Martin*-Flufsftahl gewählt werden, wobei der Name »Tiegel-Flufsftahl« mit der fonft auch üblichen Bezeichnung »Gufsftahl« zufammenfällt.

In Art. 258 (S. 236) wurde bereits kurz erläutert, wie Flufsmetall dargeftellt wird. Soll dabei Stahl erzeugt werden, fo wird meiftens Roheifen und Schmiedeeifen zufammengefchmolzen; der Vorgang heifst dann Stahlkohlen. Man kann aber auch dem Eifen, dem man nahezu fämmtlichen Kohlenftoff entzogen hat, wieder reinen Kohlenftoff (in Form von Holzkohlen) zuführen; ändert fich dabei der feite Aggregatzuftand des Eifens nicht, fo entfteht Cementftahl; wird eine Schmelzung vorgenommen, fo wird Kohlenftahl erzeugt.

Gröfsere Stahlfchmiedeftücke und andere gröfsere Gegenftände werden durch unmittelbaren Gufs des Fufsftahls in entfprechende Maffeformen hergeftellt; auf diefe Weife entfteht der Stahlformgufs oder Stahl-Façongufs. Sollen feinere Formftücke erzeugt werden, fo werden forgfältig ausgewählte Stahlftücke vor dem Gufs durch Umfchmelzen in feuerfeften Tiegeln verfeinert; folches Material heifst alsdann Tiegelgufsftahl oder kurzweg Gufsftahl.

Aehnlich, wie bei Schweifs- und Flufseifen kann auch hier die Form als Blech, Stab oder Draht durch Vorfetzen der Benennung Flufsftahl gekennzeichnet werden, indem man die Namen Flufsftahlblech, Flufsftahldraht etc. wählt.

291. Eigenfchaften. Der Stahl wird im Hochbauwefen verhältnifsmäfsig nur felten als Conftructions-Material verwendet, deito häufiger jedoch im inneren Ausbau. Insbefondere find es die Eigenfchaften grofser Elafticität, Feftigkeit und Zähigkeit, welche ihn für diefe Zwecke hervorragend geeignet erfcheinen laffen; diefelben werden noch dadurch erhöht, dafs man den Stahl nach Bedarf härter oder weicher machen kann. Die natürliche und künftliche Härte nimmt mit dem Kohlenftoffgehalt ab und zu. Allgemein anerkannte Normalabftufungen für die Härte des Stahls, alfo allgemein anerkannte Härtegrade deffelben beftehen zur Zeit noch nicht. Der deutfche Werkzeugftahl (Tiegelftahl mit einem Kohlenftoffgehalt von 0,75 bis 1,50 Procent) wird in der Regel in 6 bis 7 Härtenummern in den Handel gebracht; er wird mit einer Papierbeklebung verfehen, auf welcher Härtenummer und Kohlenftoffgehalt angegeben find; aufserdem zeigt die Beklebung die Anlauffarbe.

Stahl befitzt auf der höchft feinkörnigen und gleichmäfsigen Bruchfläche bei licht grauweifser Farbe einen eigenthümlichen fammtartigen Glanz. Die Feinheit des Korns nimmt mit dem Raffiniren zu; Arbeitsfehler laffen fich leicht durch das Korn erkennen. Selbftverftändlich gelten die Forderungen auf Abwefenheit von Roth- und Kaltbrüchigkeit auch beim Stahl, wobei berückfichtigt werden mufs, dafs gehärteter Stahl fehr fpröde und kalt nicht fchmiedbar und biegfam ift. Im Allgemeinen ift ftets der härtere Stahl auch der feftere; hingegen befitzt der angelaffene gröfsere Zähigkeit. Gegoffener Stahl ift weniger feft, als gefchmiedeter, gewalzter und Flufsftahl.

292. Gewicht. Angaben über das Einheitsgewicht des Stahls und feiner Ausdehnungsziffer bei Temperaturerhöhungen wurden bereits in Art. 232 u. 233 (S. 222 u. 223) gemacht. Nach *Mehrtens* beträgt das Einheitsgewicht 7,5 bis 8,0; ungehärteter Stahl hat ein gröfseres Einheitsgewicht als gehärteter. Nach den »Normalbedingungen etc.« ift das Eigengewicht des Flufsftahls zu 7850 kg für 1 cbm anzunehmen.

293. Elafticität. Nach den Verfuchen von *Baufchinger, Duleau, Gerftner, Jenny, Kerpely, Morin, Röbling, Styffe, Tredgold, Tresca, Wertheim* u. A. fchwankt die Elafticitätsziffer des Stahls zwifchen 1428 und 2740 t für 1 qcm; nach *Winkler* kann man diefelbe im Mittel zu 2200 t für 1 qcm einführen. Seine Elafticitätsgrenze für Zug und Druck bewegt fich zwifchen 1,83 und 7,00 t für 1 qcm, kann jedoch, demfelben Fachmann zufolge, zu 3,5 t für 1 qcm angenommen werden. Annähernd beläuft fich die Elafticitätsgrenze auf $^3/_5$ der Feftigkeitsziffer.

294. Zugfeftigkeit und Zähigkeit. Die Zugfeftigkeit des Stahls ift ziemlich veränderlich. Diefelbe wird mit zunehmendem Kohlenftoffgehalt erhöht; beim Gufsftahl hat aufser 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 etc. nehmen bei Zuſatz von Kohlenſtoff ab.

Bauſchinger, *Dahlmann*, *Gerſtner*, *Jenny*, *Rennit*, *Tresca*, *Wöhler* u. A. haben Verſuche über die Zugfeſtigkeit angeſtellt; die ermittelten Durchſchnittswerthe 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 *Bauſchinger*'ſchen Verſuche durch $4{,}35\ (1 + n^2)$ aus, wenn n den Kohlenſtoffgehalt in Procenten angiebt.

Die Zugfeſtigkeit von Stahldraht iſt von *Fairbairn*, *Jenny* und *Röbling* unterſucht und zu 8800 bis 19900 kg für 1 qcm gefunden worden. Nach *Winkler* läſſt ſich der betreffende Coefficient 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 bezw. zu 22, 19, 16, 14 und 10 Procent, bei den verſchiedenen Sorten von Tiegelguſsſtahl zu 0,7 bis 10 Procent.

Nach den »Normalbedingungen etc.« ſollen die aus Fluſsſtahl herzuſtellenden gegoſſenen oder geſchmiedeten Theile (Auflagertheile oder dergl.) eine Feſtigkeit von 4500 bis 6000 kg für 1 qcm und eine Dehnung von mindeſtens 10 Procent 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, ſo wie auch vermehrte Zähigkeit zu verleihen. Innerhalb gewiſſer Grenzen iſt dies auch gelungen, und die unten genannte Quelle [140]) giebt näheren Aufſchluſs über in dieſer Richtung mit Manganſtahl, 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 14 Procent Mangan und 1 Procent Kohlenſtoff eine Feſtigkeit von etwa 10000 kg für 1 qcm bei 50 Procent Dehnung erreicht hat.

295. Druck-, Bruch- und Abſcherungsfeſtigkeit.

Für die Druckfeſtigkeit des Stahls liegen Verſuche von *Bauſchinger*, *Kirkaldy* und *Wade* vor; je nachdem das Verhältniſs der Höhe des Probekörpers zu ſeiner Dicke verſchieden war, erhielt man auch ungemein abweichende Ergebniſſe; die Mittelwerthe derſelben ſchwanken zwiſchen 1400 und 10900 kg für 1 qcm. Nach *Heinzerling* beträgt die Bruchfeſtigkeit etwa $^7/_8$ der Zugfeſtigkeit.

Die Biegungsfeſtigkeit hängt zum Theile von der Form des Querſchnittes ab; bei I-förmiger Geſtalt kann man nach *Winkler* den Coefficienten für Biegungsfeſtigkeit jenem für Zugfeſtigkeit gleich ſetzen.

140) Weyrich, C. Ueber Stahlgemiſche durch Zuſatz von Metallen. Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 246.

Die Abfcherungsfeftigkeit läfft fich, ähnlich wie beim Schmiedeeifen, zu $^4/_5$ der Zugfeftigkeit annehmen.

296. Roft-vermögen. Die Widerftandsfähigkeit des Stahls gegen das Roften ift geringer als beim Gufseifen, aber gröfser als beim Schweifs- und Flufseifen.

Nach den in Art. 244 (S. 230) bereits erwähnten Verfuchen *Gruner*'s verlieren Platten aus gewöhnlichem (kohlenftoffhaltigem) Stahl durch feuchte Luft im Laufe von 20 Tagen etwa 3 bis 4 g für je 2 qdm Oberfläche an Gewicht; Chromftahl ift der Roftbildung mehr unterworfen, als gewöhnlicher Stahl; Wolframftahl hingegen roftet weniger leicht, als diefer. In 9 Tagen verlieren Platten aus gewöhnlichem Stahl durch Seewaffer auf je 2 qdm Oberfläche 1 bis 2 g, aus *Beffemer*-Stahl 3,5 g an Gewicht; gehärteter Stahl wird weniger als zweimal geglühter Stahl angegriffen, weicher Stahl weniger als Chromftahl und Wolframftahl weniger als gewöhnlicher Stahl von gleichem Kohlenftoffgehalt. Angefäuertes Waffer löst Stahl weniger fchnell als Gufseifen.

297. Handelsforten und Erzeugniffe. Stahl wird fowohl in Stabform, wie auch als Blech und Draht in den Handel gebracht.

Das Stahlblech findet mannigfaltige Anwendung zu Rolljalouficn u. dergl., der federnde Stahl zu Thürfchlöffern etc.

Aus Flufsftahl kann man in fertiger Form durch Gufs Gegenftände (Mafchinenbeftandtheile) herftellen, daher die Bezeichnung Stahlgufswaaren.

e) Roftfchutzmittel.

298. Schutzmittel. In Art. 234 (S. 223) wurden bereits Entftehen und Weiterbildung des Roftes auf Eifen und Stahl erläutert und dadurch gezeigt, wie die Dauerhaftigkeit diefer Materialien durch den allgegenwärtigen Sauerftoff in Verbindung mit Feuchtigkeit und Kohlenfäure in wefentlicher Weife herabgemindert wird. Da durch den Roft auch die Tragfähigkeit unferer Eifen-Conftructionen verringert wird, fo erhellt daraus die Nothwendigkeit, Eifen und Stahl durch geeignete Schutzmittel thunlichft vor dem Roft zu bewahren.

Die bisherigen Erfahrungen haben entfprechend der Natur des Metalls allerfeits den Beweis geliefert, dafs nur eine vollftändige und dauernde Abhaltung der feindlichen Elemente Sauerftoff, Waffer und Kohlenfäure wirkfamen Schutz gewähren kann. Vollftändige Abhaltung wird allerdings durch Ueberzüge und Anftriche verfchiedener Art erzielt; aber diefe Vollftändigkeit ift als Grundbedingung praktifch nur fchwer durch richtige Auswahl des fchützenden Materials und durch forgfältige und fachgemäfse Behandlung zu erzielen. Dauernde Abhaltung ift defshalb fo fchwer, weil fie felten ganz vollftändig ift und weil auch die fchützende Decke felbft Veränderungen erleiden kann, welche ihre Wirkfamkeit fchwächen oder aufheben.

Ein für die Dauer und für alle Verhältniffe völlig ficheres Mittel ift noch immer nicht vorhanden, ungeachtet mancher gegentheiliger Behauptungen, die in der Regel aus Kreifen herrühren, die einer oder der anderen einfchlägigen Erfindung nahe ftehen.

Um Eifen-Conftructionen mit fchützenden Ueberzügen zu verfehen, kennt man verfchiedene Verfahren, und zwar: 1) Ueberzüge mit Eifenoxyd-Oxydul bei höherer Temperatur oder das fog. Bruniren; 2) Metallüberzüge auf trockenem und naffem Wege, wozu das Verzinnen, Verzinken oder Galvanifiren, das Verbleien, Vernickeln, Verkupfern und Bronziren gehört; 3) Email-Ueberzüge; 4) Anftriche mit Oelfirniffen, denen verfchiedene Bafen zugefetzt werden, wie Bleimennige, Eifenmennige, Ocker,

Zinkſtaub, Graphit; 5) Anſtriche mit Harzfirniſſen und Metallſeifen; 6) bituminöſe Anſtriche, und 7) Anſtriche mit Cement und Waſſerglas [141]).

299. Bruniren.

Das Bruniren bewirkt ſyſtematiſch und vollſtändig daſſelbe, was dem geſchmiedeten Eiſen vor dem gewalzten in Bezug auf Roſt ſo groſsen Vorzug verleiht: einen Ueberzug von Eiſenoxydul-Oxyd, welcher auſserordentlich feſt haftet 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* [142]) in London und *Bower* [143]) ebendaſelbſt das Verfahren weiter ausgebildet und in die groſse Eiſeninduſtrie eingeführt. Das Hervorrufen des Ueberzuges 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 Ueberzuges (dieſelbe ſchwankt zwiſchen 0,1 und 0,5 mm) muſs man das Verfahren einige oder mehrere Male wiederholen.

Der ſo erzeugte Ueberzug 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 Ueberzug von Magneteiſen durch Behandeln des Eiſens mit überhitztem Waſſerdampf und Kohlenwaſſerſtoffen erzeugt; eben ſo hat *Méritens* denſelben dadurch hervorgebracht, daſs das in ein Waſſerbad von 70 bis 80 Grad C. gelegte Eiſen eine längere Zeit der Wirkung eines elektriſchen Stromes ausgeſetzt wurde [144]).

300. Metallüberzüge.

Von den Metallüberzügen iſt im Allgemeinen zu bemerken, daſs ſie die dauerhafteſten ſind und beſſer haften, als andere Ueberzüge, auch Temperaturſchwankungen ihrer wenig vom Eiſen ſich unterſcheidenden Ausdehnungsziffer halber leichter ertragen; allein einerſeits können ſelbſt unmerkliche Unterbrechungen des Ueberzuges durch galvaniſche Wirkung das Roſten geradezu befördern, wenn das Ueberzugsmetall 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 unterbrechenden Durchlochungen etc. verhindern andererſeits eine allgemeine Anwendung dieſes Schutzmittels [145]).

---

141) Ueber Roſtſchutzmittel im Allgemeinen ſiehe:
Treumann, J. Ueber 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, Verſtählen und das Ueberziehen von Metallen mit anderen Metallen überhaupt. Wien 1881. — 3. Aufl. 1892.

142) Siehe: *The preſervation of iron. Engng.*, Bd. 23, S. 193.
Die Conſervirung von Eiſenoberflächen. Maſch.-Conſtr. 1880, S. 249.

143) Siehe: Kein Roſt mehr. Wieck's ill. Gwbztg. 1881, S. 229.

144) Siehe auch:
Schutz des Eiſens gegen Roſt durch Magnetiſiren. Wochſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1880, S. 407.
Das *Bower-Barff*'ſche Verfahren Eiſen vor Roſt zu ſchützen. Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1883, S. 121.

145) Siehe:
Hartmann, F. Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verſtählen 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 u. ſ. w. mit Metalllegirungen, um das Roſten oder die Oxydation derſelben zu verhindern. Polyt. Journ., Bd. 145, S. 446. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1858, S. 56.

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 Galvaniſirens mit Unrecht führt. Galvaniſirte Gegenſtände haben die 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 Legirung ein, welche ſelbſt dann noch ſchützt, wenn der Zinküberzug brüchig und abblätternd geworden iſt, was öfter, beſonders an gebogenen Blechen, vorkommt. Am häufigſten werden Blech und Draht (vergl. Art. 285, S. 254 u. 256) verzinkt; jedoch werden heute auch gröſsere Conſtructionstheile 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 weiteren Ueberzuge 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 noch aus einander. 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 $0{,}7^{kg}$ für 1^{qm} wiegt, bewähren. *Gerber* iſt für dünnen, die meiſten Conſtructeure jedoch für dicken Ueberzug; letzterer führt bei Biegungen leicht Gefahren herbei[146]).

Das Verzinnen, hauptſächlich bei dünnen Blechen zur Herſtellung von Weiſsblech (vergl. Art. 278, S. 253) 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 Ueberzuge 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.

In neuerer Zeit erzeugen einige Anſtalten nach dem *Rabatel*'ſchen Verfahren verbleit-verzinkte Bleche, die zuerſt mit einem Zinküberzug 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 etc.[147]).

Nach den »Normalbedingungen etc.« muſs, ſobald eine Verzinkung, Verzinnung oder Verbleiung von Eiſentheilen ſtattfinden ſoll, dieſe als ein das Eiſen vollſtändig bedeckender, gleichmäſsiger, gut haftender Ueberzug hergeſtellt werden.

Das Verkupfern, das Vernickeln und das Bronziren[148]) geſchieht meiſtens auf elektriſchem Wege, wobei beſonders darauf zu achten iſt, daſs die auf das Eiſen niedergeſchlagene Metallſchicht einen genügend dicken, vollkommen deckenden Ueberzug bildet.

Fleitmann[149]) ſtellt auch nickelplattirte Eiſenbleche und -Drähte her, nachdem es ihm gelungen iſt, Nickel durch einen geringen Zuſatz von Magneſium ſchweiſsbar und mit Eiſen legirbar zu machen. Dadurch wird das galvaniſche Vernickeln vortheilhaft erſetzt[150]).

---

146) 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.

147) Siehe: LEONHARDT, O. Schutzmittel des Eiſens. Verzinkung und Verbleiung. GLASER's Ann. f. Gwbe. u. Bauw., Bd. 11, S. 251.

148) Siehe auch:

KRAFFT. *Nouveau mode de préſervation du fer. (Bronzage à la vapeur et bronzage à l'air.) 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.

149) Neueſte Erfindungen und Erfahrungen 1881, VIII, S. 503.

150) Näheres über diejenigen Verfahrungsweiſen, die hauptſächlich für Decorirungszwecke angewendet werden, ſiehe: DÜRRE, E. F. Die Herſtellung äuſserer Ueberzüge auf Gufseiſen zum Schutz gegen Oxydation und Verzierung. Deutſche Ind.-Ztg. 1877, S. 5.

301. Schutzanſtriche.

Die Anſtriche, welche auf die Eiſentheile zum Zwecke des Roſtſchutzes aufgetragen werden, ſind ſowohl, was ihre Zuſammenſetzung als auch ihre Anwendbarkeit anbelangt, ſehr verſchieden; ſtets aber ſoll dem eigentlichen Anſtrich das Grundiren vorangehen. Vor dem Grundiren 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 Salzſäure — vorgenommen. Aus letzterem kommt das Eiſen in ein Kaltwaſſerbad, damit etwaige Säurereſte neutraliſirt werden, alsdann in ein Bad von reinem, heiſsem Waſſer. Das aus dieſem Bade herausgenommene Eiſen iſt in kürzeſter Zeit trocken und wird nunmehr grundirt.

Das Grundiren geſchieht mit Leinölfirniſs, in welchem Mineralfarben abgerieben ſind, oder mit Spiritus-Lackfirniſs (alkoholiſche Harzlöſung). Leinölfirniſſe haben den Nachtheil, 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 Thongehalt; die Farbe zieht in Folge des Thongehaltes Waſſer an und bleibt weich; Eiſenmennige mit 20 Procent oder mehr Thongehalt ſoll nicht verwendet werden. Eiſenmennige mit Spiritus-Lackfirniſs giebt einen guten Grundirungsfirniſs.

Auf das Grundiren 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, beſter Leinölfirniſs jedem anderen Firniſs vorzuziehen. Als Mineralfarben für dieſe Deckanſtriche werden Bleiweiſs oder Zinkweiſs, neueſtens auch mit gutem Erfolge Litophone (eine Zinkſulfidfarbe) verwendet. Zinkweiſs iſt nicht zu empfehlen, da es, den Sonnenſtrahlen ausgeſetzt, nur kurze Zeit hält. Gut iſt Bleiweiſs; daſſelbe wird ſehr wetterbeſtändig, wenn dem letzten Deckanſtrich ein Zuſatz von Kreide gegeben wird (12 bis 15 Procent der fertigen Farbe). Auch Graphit und Zinkſtaub (metalliſches Zink in feinſter Pulverform) wird ſehr gelobt; mit Leinölfirniſs und Kreidezuſatz angeſtrichen, ſoll ſich ein ſehr dauerhafter Anſtrich ergeben.

Aehnlich verhalten ſich die Harz- und Metallſeifen-Anſtriche; ſie haften, wenn ſehr dünn aufgetragen, beſſer als Oelanſtriche, 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 Theer 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 Kautſchuk-Oel von *Dr. Beckers* [152]).

Cement-Anſtriche, aus ſehr fein gepulvertem, langſam bindendem Portland-Cement, 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 Sprödigkeit halber ſpäter leicht ab. Die Niagara-Brücke iſt mit Cement vortrefflich conſervirt, und die Schiffsböden werden bereits ſeit längerer Zeit damit bekleidet [153]).

151) Siehe: *Rahtjens*-Patent-Compoſition. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 247.

152) Siehe hierüber: Neueſte Erfindungen und Erfahrungen 1881, XIII, S. 631.

153) Siehe hierüber:
Klasen, L. Schutz des Eiſens gegen Roſt bei Hochbau-Conſtructionen. Deutſche Bauz. 1879, S. 365.
Cement-Ueberzug von Eiſen zum Schutz gegen Roſtbildung. Deutſche Bauz. 1879, S. 375.
Iron in Portlandcement. Building news, Bd. 39, S. 317.

Wafferglas theilt die Sprödigkeit des Cements, fchützt aber fonft gut. Seit etwa 10 Jahren werden fog. Silicat-Anftriche, d. i. Waffergias-Compofitionen, wieder lebhaft empfohlen.

302. Emailliren.

Die Literatur über »Roftfchutzmittel« ift in den Fufsnoten 141 bis 153, S. 261 bis 263 angegeben.

Email wird befonders für Abort- und Waffierleitungsgegenftände, fo wie für Gefchirre etc. verwendet und befteht aus einer leichtflüffigen Bor- oder Zinnglafur, welche entweder auf die blank gebeizten Eifengegenftände oder unmittelbar auf den Gufskern aufgetragen wird.

Ein gutes Email foll rafche Temperaturveränderungen ertragen, ohne Haarriffe zu bekommen. Man erhitzt daher Gegenftände, deren Glafur geprüft werden foll, bis zur Siedetemperatur des Waffers und bringt fie dann unmittelbar mit kaltem Waffer in Berührung. Sie dürfen auch nach oftmaliger Wiederholung diefes Verfahrens keine Sprünge oder Abblätterungen zeigen[154]).

Sind Eifentheile ammoniakhaltigen Dämpfen ausgefetzt, fo ift Emaillirung das einzig zuverläffige Schutzmittel. Die Emaillirung wird in allen Farbentönen, vom ftumpfften Grau bis zum leuchtendften Roth, hergeftellt und hat befonders noch den Vorzug, die mit gefchützten Eifentheile den Wärmeeinflüffen weniger zugänglich zu machen, fo dafs deren Verwendung an folchen Stellen befonders empfehlenswerth ift, wo die erhitzende Einwirkung der Sonnenftrahlen vermindert werden foll.

154) Vergl. auch:
Randau, P. Die Fabrikation der Emaille und das Emailliren. Wien 1880.
Ueber das Emailliren von Metallen. Polyt. Journ., Bd. 237, S. 302.
Die Verwendung des emaillirten Eifens im Bauwefen und die künftlerifche Behandlung deffelben zu dekorativen Zwecken. Deutfche Bauz. 1888, S. 378.

2. Abſchnitt.

Materialien des Ausbaues.

Von Hans Hauenschild und Dr. Eduard Schmitt.

1. Kapitel.

Zink und Blei.

a) Zink.

303. Zink als Bauſtoff.

Das Zink iſt in ſeiner Verwendung als hervorragendes Ausbau-Material ein Kind der Neuzeit. Obwohl es als Legirung 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 dieſes Jahrhundertes. Zwar hatten *Silveſter* und *Hopſon* ſchon 1805 in Sheffield die Bedingungen der Dehnbarkeit deſſelben erkannt und die Fabrikation von Zinkblech, ſo wie 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 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. In 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 Werthe geworden.

Während aus Zinkguſs vorzüglich hohle Formen, Statuen, Vaſen, Candelaber, Voluten, Säulen-Kapitelle, Baluſter etc., beſonders auch zur Verkleidung von Eiſen-Conſtructionen hergeſtellt werden, welche entweder mit Farben- und Firniſs-Bronzirung oder mit echt galvaniſcher Bronzirung verſehen werden, dient das Zinkblech entweder in gefalzten Tafeln oder als Wellen-Zinkblech vorzüglich zur Dachdeckung, aber auch im gezogenen oder getriebenen Zuſtande zu allen Arten Geſimſen, Conſolen, Verkleidungen etc., während zum Formen von Roſetten und Flach- bis Halbreliefs und überhaupt hohlen Formen ohne Unterſchneidung das Stanzen in Anwendung iſt. Auch der aus gezogenem Walzzink mit Eiſenverſtärkung hergeſtellten Fenſterrahmen mag gedacht werden.

304. Eigenſchaften.

Die techniſchen Eigenſchaften des Zinks haben auch 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 verhältniſsmäſsig 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 aufserdem bei grofsen Formen eine gleichmäſsige Temperatur des Guſſes nicht leicht zu erzielen iſt, dafür aber das Löthen ſehr leicht angeht, ſo werden die gröſsten Statuen ganz aus kleinen Stücken, die einzeln gegoſſen werden, zuſammengelöthet, und es kommt für die Feſtigkeit des Ganzen viel auf die zweckmäſsige Eintheilung der Löthfugen an. Die Löthfugen können auch ohne Ciſelirung des Ganzen leicht unſichtbar gemacht werden.

Die Anwendung dünnwandiger Formen iſt einerſeits durch die in Folge der Leichtflüſſigkeit des Zinks zu erzielende Oekonomie des Materials, andererſeits durch die beträchtliche Wärme-Ausdehnungsziffer deſſelben 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 Ergebniſs der inneren Spannung Sprünge bekommen.

Eine höchſt werthvolle Eigenſchaft des Zinks iſt es, durch Erhitzen des hexagonal blättrig-kryſtalliniſchen 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, ſo wie die Herſtellung gezogener Profile, geſtanzter und getriebener Gegenſtände [155]).

Der niedrige Schmelzpunkt (412 Grad C.) und die hohe Ausdehnungsziffer des Zinks beſchränken nach anderen Richtungen hin ſeine Verwendung oder bedingen hierbei geeignete Vorſichtsmaſsregeln.

Die Verwendung des Zinks als Roſtſchutzmittel für Eiſen iſt bereits in Art. 300 (S. 262) beſprochen worden; ſeine Rolle bei den Metall-Legirungen ſoll im folgenden Kapitel (unter b) behandelt werden.

305. Dauerhaftigkeit.

Das Zink iſt gegen die Atmoſphärilien 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 Kohlentheilchen, welche aus Schornſteinen auf Zinkdächer fallen; auch friſcher Kalk-, Gyps- und Cementmörtel wirken in ähnlicher Weiſe zerſtörend.

306. Gewicht, Elaſticität und Feſtigkeit.

Das Einheitsgewicht des Zinks ſchwankt je nach ſeiner Structur und Reinheit zwiſchen 6,85 und 7,30. Die Elaſticität deſſelben iſt gering; der Coefficient derſelben iſt je nach den verſchiedenen phyſikaliſchen Zuſtänden bei ver-

155) Siehe: Kalischer. Der kryſtalliniſche Zuſtand der Metalle. Polyt. Journ., Bd. 246, S. 486.

fchiedener Temperatur und Bearbeitungsweife wechfelnd; nach *Thurfton* nimmt es fchon bei geringen Spannungen bleibende Formveränderungen an und paffirt die Elafticitätsgrenze bei einem unbeftimmbaren, augenfcheinlich fehr niedrigen Punkte.

Die Zugfeftigkeit von Zink, und zwar von Gufszink (mit dem Einheitsgewichte 6,85), beträgt nach *Karmarfch* 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 angiebt. Nach *Tresca* beträgt die Abfcherungsfeftigkeit des Zinks 900 kg für 1 qcm.

307. Handelsforten.

Das Zink kommt zu Gufszwecken in ca. 25 mm ftarken Platten als Kaufzink oder Gufszink in den Handel. Die grofsen Zinkhütten in Belgien und Schlefien verarbeiten das Zink hauptfächlich zu Blechen von verfchiedener Gröfse und Stärke; aus den Blechen werden auch Drähte und Nägel hergeftellt, welche zur Befeftigung der Bleche bei Dachdeckungen dienen.

Die beiden gröfsten Zinkerzeugungsftätten liegen einerfeits in Belgien und in der benachbarten Rheinprovinz, der »Gefellfchaft *Vieille Montagne* für Bergbau und Zinkhüttenbetrieb« mit ihrem Sitze in Chénée (Belgien) gehörig, andererfeits in Oberfchlefien, der »Aktien-Gefellfchaft für Bergbau und Zinkhüttenbetrieb« zu Lipine angehörend. Die Numerirung nach Plattenftärken, das Gewicht und die Gröfse der Tafeln find bei beiden Gefellfchaften gleich und betragen:

Nr. der Tafel	Annähernde Stärke der Tafel	Annähernde Gewicht von 1 qm	Annähernde Gewicht der Tafeln							
			0,65 × 2,0 m = 1,3 qm		0,80 × 2,0 m = 1,6 qm		1,0 × 2,0 m = 2,0 qm		1,0 × 2,5 m = 2,5 qm	
	Millim.	Kilogr.	Kilogr.	auf 250 kg etwa Tafeln	Kilogr.	auf 250 kg etwa Tafeln	Kilogr.	auf 250 kg etwa Tafeln	Kilogr.	auf 250 kg etwa Tafeln
1	0,100	0,700	0,910	275	—	—	—	—	—	—
2	0,143	1,000	1,300	192	1,600	156	—	—	—	—
3	0,186	1,300	1,690	148	2,080	120	2,600	96	—	—
4	0,228	1,600	2,080	120	2,560	98	3,200	78	—	—
5	0,250	1,750	2,275	110	2,800	89	3,500	71	4,375	57
6	0,300	2,100	2,730	92	3,380	74	4,200	60	5,250	48
7	0,350	2,450	3,185	79	3,920	64	4,900	51	6,125	41
8	0,400	2,800	3,640	69	4,480	56	5,600	45	7,000	36
9	0,450	3,150	4,095	61	5,040	50	6,300	40	8,875	32
10	0,500	3,500	4,550	55	5,600	45	7,000	36	9,750	29
11	0,580	4,060	5,278	47	6,496	39	8,120	31	10,150	25
12	0,660	4,620	6,006	42	7,392	34	9,240	27	11,550	22
13	0,740	5,180	6,734	37	8,288	30	10,360	24	12,950	19
14	0,820	5,710	7,462	33	9,184	27	11,480	22	14,350	17
15	0,950	6,650	8,645	29	10,640	24	13,300	19	16,625	15
16	1,080	7,560	9,828	25	12,096	21	15,120	17	18,900	13
17	1,210	8,470	11,011	23	13,552	19	16,940	15	21,175	12
18	1,340	9,380	12,194	21	15,008	17	18,760	13	23,450	11
19	1,470	10,290	13,377	19	16,464	15	20,580	12	25,725	10
20	1,600	11,200	14,560	17	17,920	14	22,400	11	28,000	9
21	1,780	12,460	16,198	—	19,936	—	24,920	—	31,150	—
22	1,960	13,720	17,836	—	21,952	—	27,440	—	34,300	—
23	2,140	14,980	19,474	—	23,968	—	29,960	—	37,450	—
24	2,320	16,240	21,112	—	25,984	—	32,480	—	40,600	—
25	2,500	17,500	22,750	—	28,000	—	35,000	—	43,750	—
26	2,680	18,760	24,388	—	30,016	—	37,520	—	46,900	—

Von den Oberſchleſiſchen Werken werden auf Beſtellung ſogar Tafeln von 1,60 m Breite und 6,00 m Länge in Stärken bis zu 30 mm gewalzt, aufserdem Wellbleche in folgenden Abmeſſungen:

Profil	Wellenbreite	Wellenhöhe	Breite, bezw. Länge der glatten Tafel	Giebt Breite, bezw. Länge der Wellblechtafel	100 qm glattes Blech geben Wellblech	100 qm glattes Blech decken Dachfläche
A	1,17	0,55	1,60 oder 1,30	1,12 oder 0,89	68	58
B	1,00	0,32	1,60 oder 1,30	1,30 oder 1,08	82	74
C	1,10	0,32	1,00	0,80	80	71
D	0,60	0,14	3,00	2,67	89	82
E	0,20	0,07	3,00 oder 1,60	2,64 oder 1,44	90	—
			Meter		Quadr.-Meter	

Hierbei iſt zu bemerken, dafs die Profile *A*, *B* und *C* gewöhnlich der Länge nach, *D* und *E* der Breite nach gewellt werden und dafs hierzu, mit Ausnahme des Profils *E*, welches nur bis Nr. 12 angefertigt wird, Zinkbleche bis Nr. 16 verwendet werden können.

Die Geſellſchaft *Vieille Montagne* liefert nur folgende zwei Formen:

Profil	Wellenbreite	Wellenhöhe	Breite der gewellten Tafel	Tafellänge
grofs gewellt . .	1,00	0,35	0,75	2,00
klein gewellt . .	0,60	0,14	1,98 bis 2,64	1,0 bis 1,3
	Meter			

Jede Blechtafel trägt einen runden Stempel mit dem Namen des Walzwerkes und der Nummer ſeiner Stärke. Hierauf iſt bei den Bauarbeiten ſorgfältig zu achten, weil Seitens der Klempner ſehr häufig dünnere Bleche, ſtatt der vorgeſchriebenen ſtarken, in betrügeriſcher Abſicht verbraucht werden.

Die ganz dünnen Bleche werden gewöhnlich zu durchbrochenen Gegenſtänden, Sieben, Käfigen u. dergl., benutzt, Nr. 9 und 10 zur Laternen- und Lampenfabrikation, die Nummern 11, 12, 13 zur Anfertigung von allerhand Hausgeräthen, doch Nr. 12 und 13 ſchon, wie dann 14 und 15 beſonders zu Bauarbeiten, die ſtärkeren Nummern zur Herſtellung von Badewannen u. ſ. w.

Zur Dachdeckung werden nicht allein die vorerwähnten Zinkblechtafeln, ſondern auch Blechſchindeln, Blechziegel, Rauten und Schuppen verwendet. Schindeln und Ziegel aus Zinkblech, die den gewöhnlichen Dachziegeln nachgebildet ſind, werden ſchon ſeit dem Beginn der dreifsiger Jahre erzeugt; aus denſelben ſind die verſchiedenen Rautenſyſteme entſtanden, deren älteſte in die vierziger Jahre zurückreichen, und um ſichtbaren Dächern, Manſarden-, Kuppel- und Thurmdächern gröfseren Reiz zu verleihen, kam man vom Rautenſyſtem auf die Eindeckung mit Schuppen. Näheres über dieſe Deckungsmaterialien iſt in Theil III, Band 2, Heft 5 (Abth. III, Abſchn. 2, F, Kap. 38, unter d, 6 bis 8) dieſes »Handbuches« zu finden.

Zum Schutze des Zinks und zugleich zur Verdeckung der unſchönen matt blaugrauen Farbe deſſelben dienen je nach dem Zwecke verſchiedene Anſtriche und Ueberzüge. Namentlich werden für Zinkgegenſtände, welche nicht allzu grofsen Abnutzungen und Unbilden durch Wind und Wetter ausgeſetzt ſind, Sydramin- und Silicat-Farbenanſtriche mit Vortheil angewendet; auch Farbenanſtriche mit Lacküberzügen ſind üblich. Für Statuen, Vaſen, Candelaber etc. hat man nach metalliſchen Ueberzügen geſtrebt; aber erſt ſeit *Hoffauer* in Berlin 1854 das Bronziren

von Zinkgegenſtänden auf galvaniſchem Wege mit Glück eingeführt hat, iſt der Kunſtzinkguſs mit der echten Bronze in achtbaren Wettbewerb getreten, da ſolche mit einer hinreichend dicken Bronzeſchicht überzogene Gegenſtände dieſelbe ſchöne Farbe, den ſanften Glanz und ſpäter die werthvolle Patina annehmen, wie Statuen-Bronze. Heute werden die gröſsten Statuen im galvaniſchen Bade aus Kupfervitriol, Cyankalium und Zinkvitriol unter Anwendung ſtarker Ströme in kurzer Zeit tadellos bronzirt. *Puſcher* in Nürnberg hat durch Behandlung der Zinkgegenſtände mit baſiſch-eſſigſaurem Bleioxyd, welchem verſchiedene Oxydfarbſtoffe zugeſetzt werden können, ſehr haltbare, beſonders zur Steinnachahmung geeignete Ueberzugsverfahren 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 verſieht man das zu Dachdeckungen dienende Zinkblech mit einem Bleiüberzug.

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.

308. Blei als Bauſtoff.

Unter den unedlen Metallen das weichſte und ſchwerſte, hat das Blei ſeiner aufserordentlich leichten Formbarkeit halber, ſo wie wegen ſeines niedrigen Schmelzpunktes ſeit den älteſten Zeiten in der Baukunſt Anwendung gefunden. Die groſse Weichheit, verbunden mit leichter Hämmerbarkeit und Walzbarkeit, hat ſeine Anwendung in Platten- und Blechform bei Monumentalbauten zu Dachdeckungen und zum Iſoliren 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 Waſſerverſorgungen dienenden, innen verzinnten, ſog. Mantelröhren Erwähnung geſchehen. Lichte Weiten und Gewichte ſolcher Röhren werden in Theil III, Band 4 (Waſſerverſorgung der Gebäude) dieſes »Handbuches« angegeben werden.

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 Eiſentheilen, die in Stein zu verſetzen ſind.

Die Dauerhaftigkeit von Blei iſt eine unbegrenzte; denn das raſche Erblinden blanken Bleies an feuchter Luft, herrührend von der Bildung von Bleiſuboxyd, ſchützt das Innere vor weiterer Oxydation; Waſſer, beſonders Regenwaſſer, bildet weiſse, in demſelben ſchwebende Schuppen von Bleioxydhydrat, daher unter gewiſſen Umſtänden die Gefahr von geſundheitsſchädlichen Einwirkungen unverzinnter Bleiröhren bei Waſſerleitungen.

Ueber das Verhalten des Bleis gegen chemiſche Einflüſſe, denen es bei ſeiner Verwendung zu Leitungsröhren an der Luft, im Boden etc. ausgeſetzt ſein kann, hat *Knorre* eingehende Unterſuchungen angeſtellt [156]).

Durch dieſe iſt feſt geſtellt, daſs Blei, welches ſich in gröſseren Maſſen an der Luft befindet, eine ziemlich unbegrenzte Haltbarkeit beſitzt, während es in feiner Vertheilung durch Luft und Feuchtigkeit ſehr raſch oxydirt wird. Trockene Luft und luftfreies Waſſer wirken auf Blei nicht ein. Durch die Anweſenheit geringer Mengen von Kohlenſäure und doppeltkohlenſaurem Kalk wird die Oxydation des Bleis verhindert, dagegen durch faulende organiſche Stoffe, durch Chlor und Salpeterſäure befördert. Aetzkalk (Kalkhydrat) veranlaſſt bei Luftzutritt die raſche Zerſtörung des Bleis; in gleicher Weiſe verhalten ſich ſalpeterſaure oder ſchwefelſaure Salze, ſelbſt wenn ſie nur in kleinen Mengen vorhanden ſind.

Die Längenausdehnung des Bleis durch die Wärme beträgt bei 1 Grad C. Temperaturerhöhung linear 0,002848; der Schmelzpunkt iſt bei 334 Grad C. gelegen.

309. Bleiblech.

Zur Eindeckung von Dächern, Balconen, Terraſſen etc. wird in Frankreich ſehr häufig, in Deutſchland jedoch nur ſelten Bleiblech verwendet. In Deutſchland ſind folgende Handelsformate des Bleiblechs üblich:

Nr.	Gröſste Breite	Gröſste Länge	Gröſste Dicke	Gewicht	Nr.	Gröſste Breite	Gröſste Länge	Gröſste Dicke	Gewicht
1	2,35 bis 2,45	10,00	10	115,0	10	2,3 bis 2,4	10,00	3,0	34,5
2	2,35 bis 2,45	10,00	9	103,5	11	2,3 bis 2,4	10,00	2,5	29,0
3	2,35 bis 2,45	10,00	8	92,0	12	2,0 bis 2,25	10,00	2,25	26,0
4	2,35 bis 2,45	10,00	7	80,5	13	2,0 bis 2,25	10,00	2,00	23,0
5	2,35 bis 2,45	10,00	6	69,0	14	1,5 bis 2,0	8,00	1,75	20,0
6	2,35 bis 2,45	10,00	5	57,5	15	1,5 bis 2,0	8,00	1,50	17,0
7	2,35 bis 2,45	10,00	4,5	52,0	16	1,0 bis 1,3	8,00	1,375	15,5
8	2,35 bis 2,45	10,00	4,0	46,0	17	1,0 bis 1,3	8,00	1,25	14,0
9	2,3 bis 2,4	10,00	3,5	40,0	18	1,0 bis 1,3	8,00	1,00	11,5
	Meter		Millim.	Kilogr.		Meter		Millim.	Kilogr.

310. Gewicht, Elaſticität und Feſtigkeit.

Das Einheitsgewicht des Bleis beträgt je nach der Reinheit 11,250 bis 11,445. Seine Elaſticität iſt, der groſsen Weichheit entſprechend, nur gering; nach *Rankine* beträgt die Elaſticitätsziffer 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 angegeben [157]).

2. Kapitel.

Kupfer und Legirungen.

a) Kupfer.

311. Kupfer als Bauſtoff.

Als das älteſte unter allen Metallen und wegen ſeiner vortrefflichen Eigenſchaften, die es zu den verſchiedenſten Gebrauchszwecken geeignet machen, hoch geſchätzt, nimmt das Kupfer heute noch einen gewiſſermaſsen ariſtokratiſchen Rang auch unter den Bauſtoffen ein, und es iſt gewiſs gerechtfertigt, wenn der Architekt

156) Siehe Deutſche Bauz. 1887, S. 45.

157) Siehe auch: Percy, J. *Metallurgy. Vol. III: Lead, including desilverization and cupelation.* London 1870. — Deutſch von C. Rammelsburg. Braunſchweig 1872.

zur Bedachung eines Monumentalbaues dem Kupfer als haltbarſtem Dachdeckungsmaterial in vielen Fällen den Vorzug giebt. Seine techniſchen Eigenſchaften: die hohe Feſtigkeit und Elaſticität, die vorzügliche Dehnbarkeit und daher Formbarkeit, ſeine aufserordentliche 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 decorativen Ausbau zählen; aber ſeine Wichtigkeit als Legirungsbeſtandtheil zu Meſſing und Bronze allein weiſen ihm auch hier einen hervorragenden Platz an.

Im Handel erſcheint das Kupfer:

312. Handelsſorten, Eigenſchaften und Verwendung.

1) Als: Roſetten-Kupfer, Gar- oder Scheibenkupfer, in Kuchen von 30 bis 60 cm Durchmeſſer; als Zeichen vorzüglicher Qualität, d. h. Reinheit, gilt möglichſte Dünnheit bis unter 2 mm.

2) In Barren und Blöcken von ca. 45 cm Länge, 8 bis 30 cm Breite und 7 bis 8 cm Dicke.

3) Als Granalien, in Pulver- oder Körnerform, beſonders für Legirungszwecke.

Die Reinheit des Kupfers hat auf die Dichte und Härte, ſo wie auch auf den Dehnbarkeitsgrad groſsen Einfluſs. Verunreinigungen durch Kohlenſtoff, Schwefel, Antimon, Arſen, Eiſen etc. machen daſſelbe rothbrüchig, Kupferoxydul hingegen kaltbrüchig.

Der Bruch des Handelskupfers ſoll faſt roſenroth ſein, metalliſchen Glanz und feinzackiges Gefüge zeigen, welches durch Hämmern undeutlich ſehnig wird. Rothbrüchiges Kupfer, beſonders kohlenſtoffhaltiges, ſpielt ins Gelbliche auf dem grobzackigen, auffallend ſtark glänzenden Bruche, während eine ziegelrothe oder gar bräunlichrothe Farbe bei ſehr feinkörnigem und mattem Bruche auf Kupferoxydul und Kaltbrüchigkeit hindeutet. Sehr ſchwer hingegen ſind mehrere gleichzeitige Beimiſchungen bloſs durch das Bruchanſehen 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 Schiffsbeſchläge, 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 Handelsſorten von Kupferblech beſtehen nicht. Die gangbarſten Abmeſſungen ſind 0,75 bis 1,00 m Breite und 1,5 bis 2,0 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 ca. 0,75 mm, Schlauchblech ca. 1,23 mm dick.

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 Muſterdrähte, die ſchwächeren Scheibendrähte genannt.

Sehr häufig wird das Kupfer in Form von Röhren verwendet, und zwar entweder als gelöthete, gegoſſene und dann gezogene oder als gehämmerte Röhren, welch letztere ſich durch groſse Zähigkeit und Feſtigkeit auszeichnen.

Zu decorativen Zwecken werden die Flächen des Kupfers entweder blank polirt (*Cuivre poli*) oder mit einer Bronzirungs-Patina von rothbrauner Farbe, hervorgerufen durch Bildung von Kupferoxydul oder mechaniſch durch Blutſtein- und Reiſsblei-Pulver, verſehen, oder es werden durch Schwefelmetalle, die an der Oberfläche erzeugt werden, Metall-Luſtre-Farben beliebiger Nuance hervorgebracht[158]). Die Patina, welche wir an antiken Gebilden bewundern, das kohlenſaure Kupferoxyd, wird eigentlich am ſchönſten und haltbarſten und zugleich den Körper des Metalls ſelbſt ausgiebigſt ſchützenden nur durch die Zeit erzeugt. Mit ſalpeterſaurem Kupferoxyd unter Zuſatz von Kochſalz und ſodann Kleeſalz 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 macht[159]).

Schlieſslich ſei auch noch der ſog. Galvanobronzen gedacht, welche ſeit 1890 namentlich von einer Münchener Anſtalt hergeſtellt werden[160]). Es ſind dies Gypsgüſſe, die zunächſt mit Theer getränkt und dadurch vor Veränderungen geſchützt werden; hierauf werden ſie auf galvaniſchem Wege mit einer Kupferhaut überzogen und können ſo einen verhältniſsmäſsig billigen Erſatz für Metallgüſſe bilden. Sie geſtatten die Ciſelirung, das Verſilbern, das Vergolden etc., ſo daſs ſich deren Verwendung im inneren Ausbau empfiehlt; im Freien ſollen dieſelben keine genügende Dauer haben[161]).

313. Gewicht, Elaſticität und Feſtigkeit.

Das Einheitsgewicht des Kupfers ſchwankt je nach der Reinheit und der Art der Bearbeitung zwiſchen 8,56 und 9,00; für Kupferblech wird gewöhnlich 8,8 als Durchſchnittsziffer angenommen.

Die Elaſticitätsziffer 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 Abſcherungsfeſtigkeit mit 1873 kg für 1 qcm ermittelt[162]).

b) Legirungen.

314. Meſſing.

Die Legirungen 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 Feſtigkeit und Dauer unübertroffen da ſtehen und eine reiche Entfaltung des Kunſtgewerbes bewirkt haben.

---

158) Siehe: Puscher, E. Ueber ein neues und billiges Verfahren, ohne Anwendung von Farben verſchiedene Metalle mit prachtvollen Luſtre-Farben zu überziehen. Polyt. Journ., Bd. 190, S. 421.

159) Siehe: Ueber die Erzeugung einer Patina auf Bronze und Eiſen. Polyt. Journ., Bd. 199, S. 427.

160) Siehe: Deutſche Bauz. 1890, S. 319.

161) Siehe ebendaſ. 1894, S 115, 208.

162) Vergl. auch: Bischof, C. Das Kupfer und ſeine Legirungen. Berlin 1865.

Japing, E. Kupfer und Meſſing ſowie alle techniſch wichtigen Kupferlegirungen etc. 1883.

Bezüglich der Prüfung von Kupfer, Bronze etc. vergl. die Referate über die Verhandlungen der 1890 in Berlin abgehaltenen Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Conſtructions-Materialien (Aufg. 7: Aufſtellung einheitlicher Prüfungsmethoden für Kupfer, Bronze und andere Metalle) in: Bauschinger, J. Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der K. techniſchen Hochſchule zu München. Heft 22. München 1894. S. 210.

Die Legirung von Kupfer und Zink wird im Allgemeinen mit dem Namen Meſſing bezeichnet; im Beſonderen gilt dieſer Name für Legirungen, bei denen der Zinkgehalt ca. 30 Procent beträgt. Steigt der Gehalt an Kupfer über 80 Procent, ſo giebt dies das Rothmeſſing oder Tombak mit der charakteriſtiſchen bräunlichgelben Farbe, bis ſie mit noch mehr ſteigendem Kupfergehalt röthlich und ähnlich der Kupferfarbe wird. Ueber 40 Procent Zink hingegen verleihen der Miſchung einen röthlichgelben bis goldgelben Stich, während mit der Steigerung des Zinkgehalts über 50 und bis 80 Procent das Weiſsmeſſing in Farbe und Eigenſchaften dem Zink immer näher kommt. 314. Meſſing.

Die vorzüglichſten techniſchen Eigenſchaften beſitzen das Rothmeſſing 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 kryſtalliniſch und daher ſpröde; durch Walzen, Hämmern und Ziehen gewinnt es feinkörnige bis faſerige Structur 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 Guſswaaren und der geringeren Abnutzung wegen zu härteren Gegenſtänden.

Beſonders dienen Tombak und Meſſing gegoſſen zu Thor- und Thürſchildern, Knöpfen, Handhaben, Drückern und Oliven, Rollen, Waſſer- und Gasleitungshähnen, Ventilen etc.; gewalzt, gehämmert und getrieben zu Aufſatz- und Gelenkbändern, Schloſsverkleidungen, Ofenthüren, Kaſtenbeſchlägen und ungezählten anderen Gegenſtänden. Nicht minder ausgedehnt iſt die Anwendung von Meſſingdraht. In neuerer Zeit kommen vernickelte Meſſingröhren für Waſſer-Zu- und Ableitungen im Inneren der Gebäude immer mehr zur 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 6,5 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 1,0 bis 5,5 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 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 Zuſammenſetzung, iſt jedoch höher, als der Durchſchnitt der beiden Gemengtheile. *Karmarſch* giebt für Meſſingblech 8,52 bis 8,62, für Meſſingdraht 8,49 bis 8,73, für Guſsmeſſing 8,71 an. Tombak als Blech gab 8,788, Guſstombak 8,606, Tombakdraht ſogar 9,00. Eben ſo verſchieden iſt die Zugfeſtigkeit; für Guſsmeſſing giebt *Rankine* 1270, für Meſſingdraht 3450 kg auf 1 qcm an. Die Druckfeſtigkeit beträgt für Guſsmeſſing 725 kg auf 1 qcm. Die Elaſticitätsziffer des Meſſings beläuft ſich auf 650 t für 1 qcm und ſteigt bei Meſſingdraht bis 1000 t für 1 qcm.

Die Gegenſtände aus Gufsmeſſing werden häufig mit Lacken und Firniſſen überzogen, um das Auftreten von Grünſpan zu verhüten und verſchiedene lebhafte Lafurfarben darauf anzubringen; vielfach wird es auch verzinnt, vernickelt, verſilbert und vergoldet. Sehr beliebt ſind Meſſingwaaren, welche durch Beizen in Säurebädern oder Salzbädern eine röthliche, grüngelbe, goldgelbe Färbung mit entweder hell glänzender 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.

315. Argentan.

Unter der Geſammtbezeichnung Argentan oder Weifskupfer begreift man eine Reihe von Legirungen, denen als Legirungsmetall aufser Kupfer und Zink noch Nickel zugeſetzt iſt. Argentan iſt demnach ein Meſſing, dem durch angemeſſenen Nickelgehalt eine weifse Farbe ertheilt wird. Der Nickelgehalt ſelbſt iſt ſchwankend und damit auch die Farbe vom Gelb-bräunlich-weifs bis in das Silberweifse ſpielend. Beinahe eben ſo dehnbar wie Meſſing nimmt es eine ſchöne Politur an und giebt auch reinere Güſſe. Gegen Atmoſphärilien und Säuren iſt es widerſtandsfähiger, als Meſſing. Die Argentanwaaren dienen als Silbernachahmung theils in Form von Gufs, theils als Blech, theils getrieben, theils als Draht und häufig auch mit echtem Silber plattirt oder galvaniſch verſilbert (Chinafilber) verſchiedenen Zwecken, und es ſind die einzelnen Abarten als Pakfong, Neufilber, Alfenide, Alpaka, Chriſtofle-Metall etc. bekannt. Das Einheitsgewicht des Argentans iſt 8,4 bis 8,7; die Zugfeſtigkeit für hart gezogene Drähte beträgt 7200 bis 8000 kg, für ausgeglühte Drähte 5200 kg für 1 qcm.

316. Britannia.

Britannia-Metall iſt eine Legirung von Zinn mit Antimon und Zink und wenig Kupfer. Es zeichnet ſich durch bläulich-weifse Farbe und gröfsere Härte vor dem Zinn aus und beſitzt vorzügliche Politurfähigkeit. Zu Gufs-Ornamenten eignet es ſich gut, da es ſcharfe Abgüſſe giebt; auch kommt es in Form gewalzter Platten zur Verwendung. Das Einheitsgewicht beträgt 7,32 bis 7,36.

317. Bronze.

Bronze werden im Allgemeinen die Legirungen von Kupfer und Zinn genannt, obwohl techniſcher Rückſichten halber meiſtens noch Zink und auch noch andere Metalle beilegirt werden. Bronze beſitzt manche Eigenſchaften des Kupfers, iſt jedoch härter als dieſes, politurfähiger und leichter ſchmelzbar, häufig jedoch ſpröder; es iſt das vorzüglichſte Gufsmaterial.

Von den verſchiedenen Bronze-Abarten, deren eine grofse Zahl beſteht, heben ſich typiſch hervor: 1) das Glockenmetall mit höchſtens 80 Theilen Kupfer auf mindeſtens 20 Theile Zinn, übrigens ſehr ſchwankend in der Zuſammenſetzung; 2) das Kanonenmetall mit ca. 90 Theilen Kupfer und 10 Theilen Zinn, von gröſster Zähigkeit, ſo dafs die Kanonenrohre über 4000 Atmoſphären Druck aushalten; 3) Medaillen-Bronze für Münzen und Medaillen mit ca. 92 Theilen Kupfer auf 8 Theile Zinn, meiſt noch mit etwas Zink verſetzt; 4) Spiegelmetall mit 68 Theilen Kupfer und 32 Theilen Zinn nebſt etwas Zink, zu Metallſpiegeln; 5) Statuen-Bronze mit durchſchnittlich 88 Theilen Kupfer, 2 Theilen Zink, 10 Theilen Zinn und etwas Blei; ſehr grofse Gufsſtücke erhalten höheren Zink- und Bleigehalt, um recht dünnflüſſig zu werden.

Bronzeähnliche Legirungen von eigenartiger Beſchaffenheit ſind auch die Phosphor-Bronze, von *Künzel* erfunden, mit 90 Theilen Kupfer, 9 Theilen Zinn und 0,5 bis 0,75 Theilen Phosphor, welche ſich durch erhöhte Zähigkeit, Feſtigkeit und Elaſticität auszeichnet. Die Aluminium-Bronze beſteht aus 90 Theilen Kupfer und 10 Theilen Aluminium und hat bei lichtgelber Farbe geringes Gewicht und hohe Feſtigkeit. Die gröſste Widerſtandsfähigkeit jedoch beſitzt nach *Thurſton* das Maximum-Metall, eine Legirung von 55 Theilen Kupfer, 43 Theilen Zink und 2 Theilen Zinn.

Die Verwendung von Bronze iſt uralt, wenn auch immer einer ſpäteren Periode angehörig, als Kupfer und Zinn. Ihre Benutzung iſt aufserordentlich mannigfaltig. Treppengeländer, frei tragende Stufen, Säulen, Candelaber figürliche Ornamente, Statuen, Brunnen, Denkmäler etc. beſtehen aus Bronze, der verſchiedenartigen Ver-

wendung zu Verankerungen, Bolzen und Maſchinenbeſtandtheilen 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 Medaillen-Bronze 8,78, für Spiegelmetall 8,6, für Statuen-Bronze 8,4 und für Aluminium-Bronze 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 Phosphor-Bronze nach *Bauſchinger* 3300 kg, nach *Uchatius* bis 5660 kg und ungeglühter Draht aus Phosphor-Bronze nach *Kirkaldy* bis 11200 kg für 1 qcm Zugfeſtigkeit beſitzt. Aluminium-Bronze beſitzt nach *Anderſon* eine Zugfeſtigkeit von 5130 kg und eine Druckfeſtigkeit von 9280 kg für 1 qcm. Nach *Thurſton*'s neueſten Verſuchen hat Bronze die gröſste Feſtigkeit von 4570 kg für 1 qcm in einer Miſchung, die nur wenig Zinn und etwas mehr Kupfer, als Zinn enthält.

Sowohl eine kleine Abnahme, als auch eine geringe Zunahme des Zinngehaltes vermindern die Feſtigkeit bedeutend, während eine Aenderung im Verhältniſs des Zinks zum Kupfer von etwas geringerem Einfluſs auf die Feſtigkeit iſt. Alte Bronzen, welche kein Zink, ſondern nur 4 Theile Kupfer und 1 Theil Zinn enthalten, haben eine Zugfeſtigkeit von 3340 kg für 1 qcm, unterſcheiden ſich alſo von derjenigen des Schmiedeeiſens nur wenig.

Das amerikaniſche Maximum-Metall beſitzt nach *Thurſton* eine Zugfeſtigkeit von 12020 kg für 1 qcm und erleidet dabei eine Verlängerung von 47 bis 51 Procent. Die Elaſticitätsziffer beträgt für Glockengut 320 t, für Kanonenmetall 696 t auf 1 qcm.

Schutz und Decorirung der Bronzen werden ähnlich wie bei Meſſing bewirkt; beſonders groſses Gewicht legt man auf die Erzeugung einer ſchönen und feſt haftenden Patina, welche durch Behandlung mit ſchwachen Oxydationsmitteln in grünlicher Farbe bei zinkhaltigen und in bräunlicher Farbe bei bloſs zinnhaltigen Bronzen auftritt. Die künſtliche Patina wird ähnlich wie beim Kupfer erzeugt.

318. Delta-Metall.

Das zu Anfang der achtziger Jahre von *Dick* erfundene Delta-Metall iſt eine Legirung aus Kupfer, Zink und einer geringen Menge von Eiſen. Es iſt ſo zähe wie Schmiedeeiſen und ſo feſt wie Stahl; es liefert vorzügliche Gufsſtücke, welche weder Roſt, noch Grünſpan anſetzen; auch gegen Säuren zeigt es groſse Widerſtandsfähigkeit. In jenen Fällen, wo wegen magnetiſcher Einwirkungen Stahl und Eiſen nicht benutzt werden können, findet das Delta-Metall günſtige Verwendung.

Nach den von der mechaniſch-techniſchen Verſuchsanſtalt zu Berlin mit gewalztem Delta-Metall angeſtellten Verſuchen liegt die Elaſticitätsgrenze deſſelben bei 2220 kg für 1 qcm; die Zugfeſtigkeit beträgt 5880 kg für 1 qcm, die Dehnung 12,3 Procent und die Querſchnittsverminderung 17,4 Procent. Die Druckfeſtigkeit wurde mit 9540 kg für 1 qcm gefunden.

319. Doppelmetall.

Das Doppelmetall oder Bimetall, deſſen Erfindung der neueſten Zeit angehört und welches hauptſächlich von einer oberſchleſiſchen Anſtalt hergeſtellt wird, iſt eine durchaus gleichmäſsige Verbindung von Kupfer mit Stahl. Dieſes Metall hat eine um 50 Procent gröſsere Feſtigkeit, als Kupferblech; es genügen Doppelmetallbleche von $^2/_3$ der Stärke des Kupferbleches zur Herſtellung von Gebrauchsgegenſtänden mit bedeutender Widerſtandsfähigkeit. Die verſchiedene Ausdehnung von Kupfer und Stahl in Folge von Wärmezunahme iſt durch die Fabrikation aufgehoben. Das Doppelmetall läſst ſich treiben, ſtanzen, punzen, drehen, hobeln und feilen; das Walzen kann bis zur Papierdünne fortgeſetzt werden[163]).

163) Siehe auch: Krupp, A. Die Legierungen. Wien, Peſt und Leipzig 1879. — 2. Aufl. 1894.

3. Kapitel.

Aſphalt.

320. Aſphalt als Bauſtoff.

Das Bitumen ſpielt in der Geſchichte der Bauſtoffe eine eigenthümliche Rolle. Von den älteſten Culturvölkern gekannt und als Mörtelmaterial benutzt, war es ſpäter ganz in den Hintergrund getreten, und erſt die brennende Straſsenpflaſterungsfrage der neueſten Zeit hat das Material, welches heute Aſphalt genannt wird, ſo ſehr in den Vordergrund gebracht, daſs groſse und gröſsere Städte ſich wetteifernd beeilen, dieſes moderne Luxuspflaſter einzuführen, und daſs das Aſphaltgewerbe eine noch vor drei Jahrzehnten ungeahnte Ausdehnung genommen hat.

321. Goudron.

Das, was von den Alten und heute noch in der Chemie und Mineralogie als Aſphalt, Judenpech oder Erdpech bezeichnet iſt, wird in der Technik mit dem Namen Goudron bezeichnet. Aſphalt in dieſem Sinne iſt eine anthracitartig ſchwarz glänzende Maſſe mit muſcheligem Bruche und dem bekannten Aſphaltgeruch, bei niedriger Temperatur bis gegen 20 Grad C. meiſt anſcheinend 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, welche wahrſcheinlich nur loſe an derſelben theilnehmen. Beim Erkalten behält dann ſo behandelter Goudron ſeine günſtigen Eigenſchaften bei und verändert ſich nicht weiter, während nicht erhitzter, wahrſcheinlich in Folge von allmählichem Verluſt von Kohlenwaſſerſtoffen, mit der Zeit ſpröde wird. Ueberhitzter oder verbrannter Goudron wird ſehr ſpröde und brüchig.

Für die Beurtheilung der günſtigſten Verwendungsweiſe des Aſphalts iſt es nöthig, 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 zerflieſsen, aus den Fäſſern entfernt, allmählich. *Obermayer*[164]) hat den Zähigkeits-Coefficienten des Schwarzpechs beſtimmt, und *Thomſon*[165]) hat daſſelbe Geſetz durch den Verſuch feſt geſtellt, 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.

322. Aſphalt und Aſphalt-Maſtix.

Aſphalt im Sinne der heutigen Technik iſt ein reiner Kalkſtein, der von Bitumen gleichmäſsig und nur in ſolcher Menge durchdrungen iſt, daſs die Flüſſigkeitsreibung nahezu aufgehoben erſcheint. Thatſächlich enthalten die bewährteſten Aſphaltſteine nur 8 bis 10 Procent Bitumen, alſo eben hinreichend viel, um unter Druck durch daſſelbe 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 Theilchen 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.

164) Ein Beitrag zur Kenntniſs der zähflüſſigen Körper. Sitzungsber. der math.-nat. Claſſe der Akad. d. Wiſſ. in Wien. Bd. 25, Abth. 2, S. 665.

165) *The nature*, Bd. 21, S. 159.

Der natürliche Aſphaltſtein hat zu wenig Bitumen, um beim Erhitzen flüſſig, im gewöhnlichen Sinne des Wortes, zu werden. Um dies zu erzielen, ſtellt man daraus Aſphalt-Maſtix her.

Aſphalt-Maſtix iſt natürlicher Aſphaltſtein, welcher nach vorhergegangener mechaniſcher Zerkleinerung (bis zu ca. 3 mm Korngröſse) mit einer entſprechenden Menge reinen Bitumens oder Goudrons einer Temperatur von 175 bis 230 Grad ausgeſetzt wird. Dabei wird zuerſt das Bitumen in einem Keſſel geſchmolzen und demſelben unter ſtetem Umrühren von Viertelſtunde zu Viertelſtunde ſo viel Aſphaltpulver zugeſetzt, daſs in ca. 5 Stunden die ganze Maſſe (ca. 200 kg), welche auf einmal geſchmolzen wird, davon durchdrungen wird. Dabei verflüchtigen ſich nur die leichteren Kohlenwaſſerſtoffe, und der Maſtix erreicht die gufsfertige Beſchaffenheit. Hierauf wird er in Modelle aus Eiſen gegoſſen, welche je nach der Fabriksmarke eine beſtimmte Form beſitzen und Blöcke von ca. 25 kg Gewicht liefern.

Solcher Aſphalt-Maſtix iſt nun unter erneutem geringen Zuſatz von Goudron beliebig oft ſchmelzbar und liefert die Grundlage zu Gufsaſphalt (*Aſphalte coulé*).

323. Künſtlicher Aſphalt.

Künſtlicher Aſphalt, welcher häufig als Erſatzmittel für natürlichen Aſphalt verwendet wird, muſs unterſchieden werden in ſolchen, welcher zu Stampfarbeiten verwendet werden ſoll, und in Nachahmungen des Aſphalt-Maſtix und des Goudron.

Stampfaſphalt kann durch künſtliche Miſchung der beiden Hauptbeſtandtheile des natürlichen Aſphaltſteins, nämlich reinen Kalkſteines und reinen Bitumens, oder aber auch durch Zuſatz von Bitumen zu ſehr magerem Aſphaltſtein hergeſtellt werden. Zwei hierauf gerichtete Verſuche ſind bemerkenswerth.

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 vertheilte Bitumen durch Erhitzen der Miſchung in ſich drehenden Keſſeln oder Aehnlichem 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 patentirten 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 zugeſetzt. 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 Maſtix und Goudron jedoch werden ſehr bedeutende Maſſen von Steinkohlen- und Braunkohlenpech verwendet und groſsartige Fälſchungen, beſonders durch Nachahmung der Maſtix-Brode von Gruben bedeutenden Rufes, begangen. Weniger bedenklich iſt die Verwendung dickflüſſiger Deſtillationsrückſtände von Schieferöl-, Paraffin- und Petroleum-Deſtillationen, die dann in geringer Menge zum ſpröden Trinidad-Aſphalt beim Einſchmelzen zu Maſtix verwendet werden. Eben ſo hat ſich in Amerika die Verwendung von gereinigtem Trinidad-Aſphalt unter Zuſatz von wenigen Procenten Petroleumtheer (*Still bottoms*) mit möglichſt viel (über 80 Procent) reinem Sand zur Maſtix-Fabrikation bewährt. Die leicht flüchtigen und daher ſchädlichen Beſtandtheile entweichen beim Kochen des Maſtix gröſstentheils, und der Antheil an ſchädlichen Beſtandtheilen wird mindeſtens dadurch verringert.

324. Gewicht.

Das Einheitsgewicht iſt bei den verſchiedenen Aſphaltſorten verſchieden, und zwar naturgemäſs nach der gröſseren oder geringeren Menge leicht flüchtiger Beſtandtheile einerſeits und bei verarbeiteten Aſphalten je nach der Natur und Menge der zugeſetzten Magerungsmittel. So fanden wir: Goudron von *The Neu-*

chatel 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, Aſphalt-Maſtix aus Limmer-Aſphalt 2,28 und ungariſcher *Goudron Aſphalte coulé* 1,966.

325. Feſtigkeit.

Unſere Unterſuchungen über die Feſtigkeitsverhältniſſe der verſchiedenen Aſphaltſorten 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 ca. 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 ca. 8 mm, Gufsaſphalt aber 5 mm annehmen. In Bezug auf Druckfeſtigkeit ergab ſich, daſs künſtlicher, d. h. aus Steinkohlen- oder Braunkohlenpech mit Mineralſtaub hergeſtellter Aſphalt bei ziemlich raſcher Steigerung der Belaſtung ganz wie ſpröde Geſteine in parallele Stücke unter Krach zerplatzt, während bei der gleichen Temperatur und gleicher Art der Belaſtung natürlicher, ſowohl Stampf- als Gufsaſphalt, unter Ausbauchen, Berſten und Spalten zerflieſst, und zwar von einem um ſo niedrigeren Punkte an, je beſſeren Ruf die betreffende Aſphaltſorte genieſst.

Die Zugfeſtigkeit lieſs ſich auf der *Michaëlis*'ſchen Zerreiſsungsvorrichtung[166]) in den Cement-Achtformen nur bei höchſtens 8 Grad C. für natürliche Aſphalte beſtimmen, und zwar bei raſch ſteigender Belaſtung. Die Ergebniſſe unſerer Verſuche waren u. A. folgende:

	Zugfeſtigkeit:	Druckfeſtigkeit: bei 8° C.	bei 30 kg Belaſtung und 27° C. Eindringen:
Stampfaſphalt, *Val de Travers*, friſch	26,5 kg für 1 qcm	bei 52 kg für 1 qcm unter Berſten zerflieſsend	6 bis 7 mm
Normaler Berliner Straſsen-Aſphalt von der Berliner Stadt-Bauinſpection, alt	30,5 » » »	» 93 » » » unter Spalten zerflieſsend	7 » 8 »
Berliner Bürgerſteig-Aſphalt, Limmer	24,38 » » »	» 65 » » » bröckelnd zerflieſsend	5 » 6 »
I. Ungariſcher Natur-*Aſphalte-coulé*, 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	29,0 » » »	» 118 » » » unter Krach brechend	1 » 2 »

326. Prüfung auf Verfälſchung.

Laſſen ſich die ſpröden künſtlichen Aſphalte zwar ſchon aus dieſen Verſuchen herausſcheiden, ſo ſind die Unterſchiede doch zu wenig ſcharf ausgeſprochen. Der charakteriſtiſche Theergeruch iſt für rein künſtliche Aſphalte verrätheriſch genug; anders verhält es ſich mit den ſo häufig vorkommenden Gemiſchen. Bei dieſen iſt die Erkennung der Beimengungen ſchon ſchwieriger. *Durand-Claye*[167]) hat zur Erkennung der Beimiſchung von Gaspech etc. eine colorimetriſche Reaction angegeben, welche auf der Einwirkung von Schwefelſäure auf den Aſphalt beruht.

Danach wird der zu prüfende Aſphalt in Schwefelkohlenſtoff gelöst, abfiltrirt und das Löſungsmittel verdunſten gelaſſen; ſodann der Rückſtand ſo lange vorſichtig erhitzt, bis er nach dem Abkühlen brüchig wie Pech wird. Darauf wird derſelbe zerkleinert und davon eine Menge von ſtets annähernd 0,1 g in ein Glasrohr gethan und 5 cbcm engliſche Schwefelſäure (nicht Nordhäuſer Schwefelſäure) hinzugegoſſen. Das Glasrohr wird hierauf 24 Stunden verſchloſſen ſtehen gelaſſen und dann vorſichtig und im kalten Waſſerbade mit nach und nach 10 cbcm Waſſer aus einer Pipette in etwa 1/4 Stunde behandelt und umgerührt. Nach völligem Abkühlen der Miſchung wird ſie durch ein Filter in eine Flaſche mit 150 bis 200 g Inhalt filtrirt und nach völligem Durchlaſſen noch mit 100 cbcm Waſſer nachgeſpült. Die ſo erhaltene Flüſſigkeit

166) Vergl. Art. 95, S. 148.

167) *Annales des ponts et chauſſées* 1879—II, S. 267; 1880—I, S. 128; 1881—II, S. 112.

iſt bei reinem natürlichen Bitumen farblos oder wenig gelblich gefärbt, bei Vorhandenſein von Steinkohlenpech aber tief braun bis undurchſichtig ſchwarz gefärbt.

Ein anderes ebenfalls von *Durand-Claye* angegebenes colorimetriſches Verfahren iſt folgendes.

Man löst eine Menge von ca. 1 g in rectificirtem Benzin, und zwar in 5 g, und läſſt hiervon durch ein Filter 5 bis 6 Tropfen nach gehörig langer Einwirkung in ein Glasrohr fliefsen, wozu man neuerdings 5 g Benzin zur Verdünnung giebt. Hierauf ſetzt man ein gleiches Gewicht Alkohol von 88 Grad *Gay-Luſſac* hinzu, ſchüttelt lebhaft und läſſt dann abſitzen. Es ſcheidet ſich die Flüſſigkeit in zwei Schichten: die obere iſt ſehr ſtark gefärbt, die untere alkoholiſche aber nur dann, wenn das Bitumen mit künſtlichen Zuthaten verſetzt iſt; ſie iſt dann gelb bis dunkel orange.

Da ſich bei den von uns angeſtellten Verſuchen zeigte, daſs die Beſchaffenheit des Benzins leicht eine ſcharfe Trennung beider Schichten verwiſche und damit das Ergebniſs beeinfluſſe, verſuchten wir die Unterſcheidung durch Alkohol allein herbeizuführen und ſahen nach Unterſuchung von 10 verſchiedenen Aſphaltſorten, daſs ſie ganz vortrefflich ſcharf und raſch gelingt.

Ein bis zu ca. 200 Grad erhitztes Stück von etwa 1 g, in einem gewöhnlichen Reagenzglas nach dem Abkühlen und Zerkleinern mit ca. 5 cbcm Alkohol von nicht unter 80 Grad *Gay-Luſſac* behandelt, giebt bei nur 2 Procent Gehalt an Braunkohlen- oder Steinkohlenpech eine deutlich gelbe Nuancirung mit ſehr deutlich grüner bis blauer Fluorescenz von oben geſehen; die Färbung nimmt eben ſo wie die Fluorescenz an Intenſität mit Erhöhung des künſtlichen Zuſatzes zu und geht endlich ins Dunkelweingelbe mit grün gelber Fluorescenz über.

Die techniſche Anwendung der Aſphalte ergiebt ſich aus obigen Grundſätzen. Es iſt die gröſste Sorgfalt auf jeden einzelnen der mitwirkenden Factoren zu richten, da gerade bei Aſphaltarbeiten das Gelingen in ſo hervorragender Weiſe von der Beobachtung aller Momente abhängt. 327. Anwendung.

Der Stampfaſphalt, der zur Herſtellung der Straſsenfahrbahnen dient, muſs gleichmäſsig aus reinem Kalk mit mindeſtens 7, höchſtens 12 Procent Bitumen beſtehen, gleichmäſsig gepulvert und auf 130 Grad erhitzt ſein und darf keine Unreinigkeiten, wie Holz oder Metalle, beigemengt erhalten. Bezüglich ſonſtiger Einzelheiten in der Ausführung ſiehe: Theil III, Band 5 (Abth. V, Abſchn. 3, Kap. 2: Befeſtigung der Hofflächen und Bürgerſteige) dieſes »Handbuches«.

Der Guſsaſphalt iſt billiger und auch leichter, als der Stampfaſphalt herzuſtellen und findet in erſter Linie die ausgedehnteſte Anwendung zur Herſtellung von Bürgerſteigen, zur Bedeckung von Hofräumen, Bahnſteigen, Terraſſen etc., zur Bildung von Fuſsböden in geſchloſſenen Räumen etc. Ueber Conſtruction und Herſtellung ſolcher Aſphalt-Belage oder Aſphalt-Eſtriche wird noch in Theil III, Band 3, Heft 3 (Abth. IV, Abſchn. 3: Ausbildung der Fuſsbodenflächen) und 5 (Abth. 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 Aſphalten von *Val de Travers* und *Seyſſel* auch andere Aſphalte, insbeſondere Limmer-Aſphalt, verwenden kann. Als Goudron benutzt man meiſt den von der Inſel Trinidad, von Seyſſel, aus der Auvergne etc. Der Aſphalt ſoll auch hier von Beimengungen möglichſt frei ſein; häufig werden dickflüſſige Harzöle zur Beförderung des Schmelzens beigeſetzt. Der bei einer Temperatur von 150 bis 200 Grad flüſſig gewordenen Maſſe wird unter ſtetem Rühren nach und nach ca. 50 Procent gut gewaſchener und thunlichſt ſcharfkantiger Sand von etwa Erbſengröſse beigemengt und ſo lange gekocht und gerührt, bis völlige Gleichmäſsigkeit der Miſchung erzielt wird. Das Miſchungsverhältniſs des Sandzuſatzes ſoll möglichſt hoch ſein, weil dann der Guſsaſphalt in der Wärme nicht ſo leicht erweicht, aber doch nicht ſo groſs, daſs Cohäſion und Elaſticität des Belages beeinträchtigt werden.

Der Guſsaſphalt wird auch noch zu anderen Bauzwecken, insbeſondere zur Sicherung gegen Aufſteigen, Zudrang oder Durchſickerung von Feuchtigkeit, bezw. Waſſer, als ſog. Iſolirſchichten, verwendet; alsdann erhält der Aſphalt einen geringeren Sandzuſatz. Auch ſei des Aſphalt-Betons, eines Gemenges von Aſphalt-Maſtix und Steinſchlag, ferner der Aſphaltplatten von *Büſcher & Hoffmann* in Eberswalde, weiters des zu Dachdeckungen dienenden Aſphaltfilzes, endlich der für die Abführung von ätzenden Flüſſigkeiten ſich trefflich eignenden Aſphaltröhren Erwähnung gethan.

Literatur

über »Aſphalt als Bauſtoff«.

KLINGMANN, F. Das natürliche und künſtliche Aſphalt und das Aſphaltmaſtix 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 aſphalte 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.

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. öſt. 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 de 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.

KRZYZANOWZKI, K. Der Aſphalt und ſeine Verwendung in der Bautechnik. Rigaſche 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 Aſphaltſorten und der bezüglichen Rohmaterialien. Rigaſche Ind.-Ztg. 1882, S. 161.

Ueber neuere Verwendungsweiſen des Aſphalts im Bauweſen. Deutſches Baugwksbl. 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.

4. Kapitel.

Glas.

328. Glas als Bauſtoff.

Die neuere Baukunſt, welche das Eiſen als Conſtructionsmaterial in ſo hervorragender Weiſe anwendet, kann des Glaſes als nothwendiger Ergänzung nicht nur nicht entrathen, ſondern das Glas tritt als raumbegrenzender Bautheil, beſonders in den groſsen Ausſtellungs- und Bahnhofshallen, in den Gewächs- und ſonſtigen Pflanzenhäuſern etc. ſo ſehr in den Vordergrund, daſs der ſog. Kryſtallpalaſt-Stil gewiſſermaſsen typiſch das Ueberwiegen dieſes Bauſtoffes über das eigentliche Conſtructionsmaterial 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.

329. Glasſorten.

Für den Architekten kommen in erſter Linie jene Glasſorten als Ausbau-Materialien 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 zu mildern und zu vertheilen haben, und zuletzt noch jene, welche als Erſatz für Stein und Metall und als Mittel für den rein decorativen 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 Glasſorten ungemein groſs. In techniſcher Beziehung theilt man die Gläſer meiſtens in Tafelglas und in Hohlglas ein. Zwiſchen beiden ſteht das in neueſter Zeit ſo vielfach verwendete maſſive Gufsglas. 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 conſtructiven und decorativen Zwecken. Die Färbung kann dabei den verſchiedenſten Zwecken entſprechend ganz auſserordentlich verſchieden ſein und verleiht dem Glaſe eine ganz ungewöhnliche Vielſeitigkeit.

330. Eigenſchaften und Prüfung.

Die Güte aller Gläſer hängt einerſeits von der chemiſchen Zuſammenſetzung derſelben, andererſeits von der 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 vorzüglich bezüglich der Feſtigkeit und Elaſticität, ſo wie bezüglich der Form und der Abmeſſungen der Gläſer.

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, ſich beſchlagen oder beſtauben, allmählich iriſirende Zerſetzungshäutchen zeigen oder unter dem Einfluſſe des Sonnenlichtes ihre Farben verändern und ſchlieſslich erblinden.

Nach den Unterſuchungen *R. Weber's*[168]) ſollen richtig zuſammengeſetzte und bewährte Gläſer für Architekturzwecke Kalk-Natrongläſer ſein, wobei das Verhältniſs der Atome Kieſelſäure zu Kalk 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 ent-

[168]) Ueber 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.

ſprechend zu- oder abnimmt, ſo zwar daſs das Atomverhältniſs der Kieſelſäure zum Geſammtverhältniſs 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 Glasſorten 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 rauh 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 condenſirten Säuretheilchen 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 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 Glasſorten 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 Purpurrothe ſpielende Verfärbung, welche nach *Pelouze* durch Erhitzen wieder verſchwindet. Nach den langjährigen Beobachtungen *Gaffield*'s[169]) zeigen die gewöhnlichen Gläſer meiſtens Neigung zur Farbenveränderung, und zwar werden die auf der Schnittfläche erſichtlichen Farbennuancen mit der Zeit ſtärker hervortretend, ſobald ſie der Inſolation ausgeſetzt ſind.

Die geblaſenen Gläſer ſind ſtets auf der inneren glänzenderen Seite, welche deſshalb die Glanzſeite heiſst, widerſtandsfähiger, als auf der rauheren Aufsenſeite. Geblaſenes Tafelglas wird deſshalb bei Glaſerarbeiten mit der Glanzſeite ſtets nach aufsen geſetzt. Geſchliffene Gläſer neigen deutlich mehr zum Beſchlagen, als ungeſchliffene.

331. 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 unterſcheidet man nach der Reinheit deſſelben als ordinäres halb grünes Glas, woraus ordinäre Fenſterſcheiben und Hohlgläſer hergeſtellt werden und wohin auch gegoſſenes Rohtafelglas gehört. Feinere Sorten zu den gleichen Zwecken führen die Bezeichnung halb weiſses Glas; ſie bilden das hauptſächlichſte Material zu den gewöhnlichen Verglaſungen und zeigen auf der Schnittfläche noch einen deutlichen Stich in das Grünliche oder Blaue. Die weiſseſten Sorten hiervon werden auch drei Viertel weiſses Glas genannt. Zu feinen Fenſtertafeln und guten Hohlgläſern wird das weiſse Glas verwendet, welches auf der Schnittfläche einen nur ganz ſchwach farbigen Stich zeigt und deſſen feinſte Sorten zu geſchliffenen Gegenſtänden verwendet werden. Beſondere Sorten weiſsen Glaſes ſind das böhmiſche Solinglas, ein weiſses Kali-

169) *L'action de la lumière ſolaire ſur le verre, Boſton. Bulletin de la ſociété d'encouragement*, Bd. VIII, Auguſt 1881, S. 425.

glas, das Spiegelglas, ein feines Kali-Natronglas mit meiſt 1 bis 2 Procent Bleigehalt, das Kryſtallglas, zu den feinſten geſchliffenen Gegenſtänden, ein Bleiglas.

Die in der ganzen Maſſe gefärbten Gläſer ſind entweder durchſichtig oder mehr oder weniger undurchſichtig. Die erſteren kommen für uns bei der Herſtellung von Glas-Moſaik in Betracht, und man will gegen 20000 verſchiedene Farben und deren Nuancen daraus hergeſtellt haben. Die nur durchſcheinenden oder undurchſichtigen Gläſer, Emaillen, dienen beſonders zu Beleuchtungszwecken; dazu gehört das Milchglas von rein weiſsem Tone, das Beinglas und das Opal-Glas, mit röthlicher Opaliſirung, und das Alabaſter-Glas mit alabaſterartigem, trübem Schimmer.

Das einſeitig gefärbte Glas hat in neueſter Zeit in der Form von Ueberfang- oder Kathedralglas eine auſserordentlich beliebte Anwendung gefunden, beſonders in Verbindung mit Aetzung und Sandbläſerei-Decorirung, und ſcheint in der polychromen Behandlung der Fenſter mit der Glasmalerei erfolgreich in Wettbewerb zu treten. Für die Dauerhaftigkeit bedenklich iſt die bei Ueberfangglas häufige Erſcheinung, daſs die farbige Schicht in Folge ungleicher Zuſammenziehung beim Kühlen Sprünge zeigt.

332. Gewicht und Härte.

Von der chemiſchen Zuſammenſetzung der Gläſer iſt ferner noch das verſchiedene Gewicht derſelben abhängig.

Das Einheitsgewicht des halb weiſsen und gewöhnlichen weiſsen Fenſterglaſes ſchwankt zwiſchen 2,37 und 2,60, das des Spiegelglaſes zwiſchen 2,44 und 2,56, das des Kryſtallglaſes zwiſchen 2,80 und 3,20. Ein Einheitsgewicht, welches 2,80 überſteigt, deutet auf Blei- oder 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, Elaſticität und Feſtigkeit deſſelben. Beſonders wichtig iſt dabei der Einfluſs der Kühlung.

Sorgfältig gekühlte Gläſer haben gröſsere Elaſticität; zu langſam gekühlte zeigen bei groſser Weichheit leicht Neigung zum Entglaſen und werden dann undurchſichtig; zu raſch gekühlte Gläſer ſind bei gröſserer Feſtigkeit allzu ſpröde. Richtig gekühlte Gläſer zerſetzen im Polariſationsapparate das Licht nicht, daher *Bontemps* den Polariſations-Apparat zur Prüfung auf gute Kühlung vorſchlug. Die Kühlung kann auch nach der Erfindung *Alfred de la Baſtie*'s zur Herſtellung von Hart- oder Vulcanglas *(Verre trempé)* benutzt werden. Zu dieſem Zwecke wird bis zur Erweichung erhitztes Glas plötzlich in einem Oel-, Stearin- oder Metallbade auf mindeſtens 200 Grad abgekühlt und ſodann ſehr langſam nach und nach erkalten gelaſſen.

Das Hartglas, welches ſich raſch für verſchiedene Zwecke, beſonders zu Beleuchtungsgegenſtänden, eingeführt hat, iſt viel elaſtiſcher und härter, als gewöhnlich gekühltes Glas.

333. Elaſticität und Feſtigkeit.

Auf die Elaſticität und Feſtigkeit des Glaſes ſind auch von Einfluſs die Form des betreffenden Glasſtückes, die Dicke deſſelben und der Umſtand, ob das Probeſtück in ſeiner Gröſse durch den Erzeugungsvorgang unmittelbar hergeſtellt oder aus einem gröſseren Stücke herausgeſchnitten wurde. Ueber die Art der Einwirkung der verſchiedenen Einflüſſe auf die Elaſticität und Feſtigkeit des Glaſes können ganz beſtimmte Angaben auf Grundlage der ſeitherigen Verſuchsergebniſſe nicht gemacht werden; als Anhalt können indeſs die folgenden Zahlen dienen.

Glasforte	Elaſticitäts-ziffer nach *Wertheim* und *Chevandier*	Zugfeſtigkeit nach *Wertheim* und *Chevandier*	Zugfeſtigkeit nach *Fairbairn*	Druckfeſtigkeit nach *Fairbairn* für Cylinder	Druckfeſtigkeit nach *Fairbairn* für Würfel [170]
Fenſterglas	791,7	176,8	—	—	—
Spiegelglas	701,5	140,0	—	—	—
Ungefärbtes bleifreies Kryſtallglas	689,0	100,2	—	—	—
Weiſses und farbiges Kryſtallglas .	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 Coefficient der Biegungsfeſtigkeit beträgt nach *Schwering* [171] für geblaſenes Rohglas in Stärken von 3 bis 5 mm im Mittel 375 kg auf 1 qcm; für gegoſſenes Rohglas nimmt derſelbe mit wachſender Stärke ab, ſo daſs man für Glasſtärken δ zwiſchen 5 und 15 mm dieſen Coefficienten 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 Gufsglas-Manufacturen von St. Gobain geben den Bruchcoefficienten ihres gut gekühlten Glaſes mit 250 kg für 1 qcm an [172].

De la Baſtie [173] giebt an, daſs die Elaſticität 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 Biegſamkeit, bei gewöhnlichem Glaſe ſehr klein, iſt bei Hartglas ſehr hoch; polirte 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-Gramm-Gewichtes mit 80 cm Fallhöhe zerſpringt, 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 [174].

334. Tafelglas. Beim Tafelglas unterſcheidet man bekanntlich geblaſenes und gegoſſenes. Das geblaſene Tafelglas wird nun nach zwei weſentlich verſchiedenen Verfahren hergeſtellt, und zwar als ſog. Walzenglas und als Mondglas.

335. Walzenglas. Das Walzenglas, wie man es auf dem Feſtland ausſchlieſslich herſtellt, wird durch Aufſprengen einer cylinderförmig geblaſenen Walze auf dem Strecktiſche hergeſtellt und kann ganz anſehnliche Gröſse haben. Es giebt 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 hergeſtellt; gewöhnliche Walzen haben durchſchnittlich ein Gewicht von 4 kg und je nach ihrer Dicke verſchiedene Abmeſſungen.

Der Dicke nach werden verſchiedene Abſtufungen angefertigt, und man unterſcheidet bei Walzenglas:
dünn oder 7/8 ſtark, ungefähr 1,5 mm dick; 1 qm davon wiegt ca. 3,6 kg;
ordinär oder 4/4 ſtark (auch einfaches Glas genannt), ungefähr 2 mm dick; 1 qm davon wiegt ca. 4,8 kg;
5/4 ſtark, ungefähr 2,5 mm dick; 1 qm davon wiegt ca. 6,0 kg;
1 1/2 oder 6/4 ſtark (auch anderthalbfaches Glas genannt), ungefähr 3 mm dick; 1 qm davon wiegt ca. 7,2 kg;
doppelt oder 8/4 ſtark (auch Doppelglas genannt), ungefähr 4 mm dick; 1 qm davon wiegt ca. 8,4 kg.

170) Aus gröſseren Stücken herausgeſchnitten, daher ſchlecht gekühlt.

171) Siehe: Schwering. Ueber die Biegungs-Feſtigkeit des Glaſes mit Rückſicht auf die Conſtruction von Glasbedachungen. Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1880, S. 69.

172) Siehe auch: Connert, F. Ueber die Biegungsfeſtigkeit des Glaſes. Civiling., 1888, S. 1, 109, 621.

173) *Comptes rendus* 1881, S. 194.

174) *Sur la réſiſtance à la flexion du verre trempé. Comptes rendus*, Bd. 92, S. 194.

Die ſtärkeren Nummern des halbdoppelten und doppelten Glaſes dienen auch als Spiegelſcheiben und werden dann geſchliffen. Dieſes geblaſene deutſche Spiegelglas kommt in zwei Hauptformen im Handel vor: als Judenmafsgläſer, und zwar einfach Judenmafs: 268 mm lang, 216 mm breit, und doppelt Judenmafs: 432 mm lang, 268 mm breit; ſodann als Zollgläſer von ſehr wechſelnden, nach Zollen angegebenen Abmeſſungen.

Dem Formate 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	$h = b + \frac{b}{4-6}$,	»	□
Ordinäre	$h = b + \frac{b}{3-4}$,	»	○
Hohe	$h + b = \frac{b}{2}$,	»	△

Steigt die Höhe gegenüber der Breite noch mehr, ſo nennt man ſie lange; dieſes Format kommt jedoch ſelten vor.

Die Quadrate und ordinären 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 an 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 Verglafung der Fenſter wird meiſt eine Glasſorte gewählt, für welche ſich die Bezeichnung »rheiniſches Glas« eingebürgert hat; doch iſt dies nur der Ausdruck für die Herſtellungsweiſe, nicht aber eine beſondere Kennzeichnung des aus den rheiniſch-weſtphäliſchen Glashütten hervorgehenden Erzeugniſſes.

Die Abmeſſungen der Tafeln werden bei Berechnung nach Bunden nicht im Flächenmafs, ſondern im Additionsmafs, d. h. »Höhe + Breite« als Maſszahl angegeben.

336. Mondglas.

In England iſt vielfach das Mondglas, beſonders wegen ſeines brillanten Glanzes bei groſser Dünnheit und Biegſamkeit, als Tafelglas noch beliebt. Dieſes giebt, da es eine runde Scheibe mit dem Pfeifenanſatz als Buckel in der Mitte (Ochſenauge) darſtellt, welche meiſt nur ca. 1,5 m Durchmeſſer hat, bedeutend geringere Abmeſſungen; man erkennt es auſser am erhöhten Glanze auch an nach den centralen Stellen zu wachſender Dicke und an ſelten fehlenden concentriſchen 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 5,5 kg für 1 qm. Die Abmeſſungen, in denen Mondglas geliefert wird, ſind gewöhnlich 860 mm Höhe bei 460 mm Breite für hohes Format und 790 mm Höhe bei 530 mm Breite für ordinäres Format.

337. Gegoſſenes Tafelglas.

Das gegoſſene Tafelglas iſt das Hauptmaterial der modernen Glasbauten, als Tafelglas ſowohl, wie als Spiegel. Die hervorragendſten Leiſtungen dieſer Art liefert die Begründerin der Gufsglas-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 gegoſſene Tafelglas wird unterſchieden in Rohglas und polirtes 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 polirte 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. Schaufenſtergläſer von 16 qm Gröſse ſind heute nichts Auſsergewöhnliches mehr.

Eben ſo 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 unterirdiſcher Räume unter Hofräumen quadratiſch gezeichnete 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 Fuhrwerken befahrenen Flächen dienen auch noch Pflaſterwürfel aus Rohglas von 165 mm Stärke bei 150 mm Seitenlänge; ein ſolcher Würfel wiegt 9 kg.

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 m × 0,81 m = 1,62 qm, Stärke 15 bis 16 mm, Gewicht 65 kg; ferner bei gleicher Quadratfläche

in Stärken	von	20	bis	21	mm	und	einen	Gewichte	von	82 kg
»	»	»		25	»	»	»	»	»	105 »
»	»	»		31	»	»	»	»	»	125 »
»	»	»	37	bis	38	»	»	»	»	150 ».

Die wichtigſten Sorten gegoſſenen Glaſes ſind die Rohgläſer für Deckenlichter, welche durch parallele oder rautenförmig angeordnete Rieſen 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 ca. 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 Rieſen verſehen und haben eine etwas grünliche Farbe.

Die »Aktiengeſellſchaft für Glasinduſtrie vorm. *Friedr. Siemens*« in Dresden erzeugt »Glashartguſs-Fuſsbodenplatten« in verſchiedenen Rieſungsmuſtern, weiſs und halbweiſs, welche 15, 16,5, 20, 22, 30, 33, 36, 39 und 42 cm im Quadrat meſſen.

Mit groſsem Vortheil werden auch die Dachziegel aus Guſsglas verwendet. Von dieſen kommen alle Formen der gewöhnlichen und Falzziegel vor und bieten den Vortheil, an jeder beliebigen Stelle des Daches Beleuchtung hervorrufen zu können, ohne conſtructiven Eingriff in das Dach. Die gläſernen Dachfalzziegel wiegen gegenüber den Thon-Dachfalzziegeln 2,5 kg gegen 3,0 kg, und man rechnet von den gebräuchlichen Sorten 13 Stück auf 1 qm.

Die ſtärker geriefelten Platten beſitzen nach *Schwering* 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 Rohglasſorten haben häufig Arbeits-, bezw. Kühlungsfehler, welche ihre Feſtigkeit in ſchädlicher Weiſe beeinfluſſen und von der Anwendung ſolcher abhalten ſollen. Es ſind dies Haarriſſe, unregelmäſsige Sprünge an der Oberfläche, welche ſich in Folge von Stöſsen, z. B. unter leichten Hammerſchlägen raſch vergröſsern und Springen der Platten herbeiführen können. Die Rohglasſorten 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 × 210 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 lehnend gekühlt werden, das Windſchiefwerden oder Verziehen deſto leichter eintritt, ſobald eine gewiſſe obere Grenze überſchritten wird.

Gebogene Platten werden meiſt aus extraſtarkem geblaſenen Glaſe auf einer entſprechenden Unterlage geſtreckt, laſſen ſich aber auch aus polirtem oder dünnem Rohglaſe herſtellen, finden jedoch ihres hohen Preiſes halber ſeltener Anwendung für Erkerfenſter, Windfänge, Treibhäuſer etc. Geblaſenes Glas, welches auf einem eigens dazu geformten Strecktiſche mit wellenförmigen Unebenheiten verſehen wird, heiſst Schuppen- oder cannelirtes 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 Abmeffungen es zulaffen (ftärkere Dachgläfer von $4\frac{1}{2}$ bis 5 mm Dicke find nur in Abmeffungen von 100×64 oder 96×68 cm zu haben), auch vielfach verwendet, während das Hartglas, und zwar befonders das *Siemens*'fche gehärtete Tafelglas, auch Prefshartglas genannt, deffen Feftigkeit allerdings beträchtlich gröfser ift, einerfeits der geringen Abmeffungen von 30 bis 40×50 cm, andererfeits des hohen Preifes halber feltener Anwendung findet. Bei letzterem kam bisher auch der Uebelftand hindernd hinzu, dafs fcheinbar tadellofe Platten manchmal plötzlich ohne äufserlich wahrnehmbare Urfache fpringen; die »Aktiengefellfchaft für Glasinduftrie vorm. *Friedr. Siemens*« in Dresden läfft defshalb jede einzelne Platte vorher auf ihre Feftigkeit prüfen, bevor fie als brauchbar verkauft wird. Gegenwärtig wird das Prefshartglas auch in gröfseren Abmeffungen hergeftellt, und zwar in Flächen bis zu 90×130 cm; indefs fteigen die Preife rafch mit der Gröfse und Stärke. Das früher vorgekommene freiwillige Zerfpringen der verlegten Prefshartglastafeln foll nach Angaben des Erfinders durch Aenderungen im Herftellungsvorgang jetzt verhindert werden. 338. Hartglas.

Von der genannten Dresdener Anftalt werden folgende Sorten von gehärtetem Tafelglas (Prefshartglas) erzeugt: helles Prefshartglas, mattirtes Prefshartglas, mouffelinirtes Prefshartglas, farbiges (rothes, grünes, blaues, violettes, gelbes, milchweifses und Ueberfang-) Prefshartglas.

Da fich Prefshartglas nicht fchneiden läfft, mufs man bei Beftellungen entweder die Abmeffungen ganz genau angeben oder genaue Schablonen einfenden.

Von der »Aktiengefellfchaft für Glasinduftrie vorm. *Friedr. Siemens*« in Dresden wird feit einigen Jahren auch fog. Drahtglas hergeftellt. Die Glasmaffe wird im flüffigen Zuftande mit einer Metall- oder Drahteinlage verfehen, wobei das Glas die Einlage vollftändig deckt und gegen das Roften fchützt. Das Glas erträgt den fchroffften Wärmewechfel, ohne aus einander zu brechen, und bewährt feine Haltbarkeit fogar, wenn es erhitzt mit Waffer befpritzt wird und Sprünge erhält; die Drahteinlage beeinträchtigt die Lichtdurchläffigkeit in nur geringem Mafse. Durch diefe Eigenfchaften erfcheint folches Glas namentlich für die Verwendung zu Decken- und Dachlichtern, für Glasfufsböden, Glasdecken und Fabrikfenfter fehr geeignet. 339. Drahtglas.

Die Drahtglastafeln werden von der genannten Fabrik in Stärken von ca. 7, 8 bis 10, 15, 20, 25 und 30 mm geliefert. Für die 7 mm und 8 bis 10 mm ftarken Tafeln find 50×100 cm und 53×104 cm Lagermafse; doch werden auf Beftellung die 7 mm und 8 bis 10 mm ftarken Tafeln bis zu 1,5 qm Fläche, aber nicht länger als 2,5 m, die 15 mm ftarken Tafeln bis zu 1,25 qm Fläche, aber nicht länger als 1,50 m, die 20 und 25 mm ftarken Tafeln bis zu 1,25 qm Fläche, aber nicht länger als 1,3 m erzeugt.

Nach *Hartig*[175]) beträgt die Bruchfeftigkeit des Drahtglafes das 1,4-fache von derjenigen des gewöhnlichen Glafes. Zur vollen Zerftörung des Drahtglafes mittels eines ohne Stofs durchdringenden Körpers würde die 558-fache Arbeit gegenüber dem gewöhnlichen Glafe ohne Drahtgewebe nothwendig fein, fo fern man die Ränder der Drahtglasplatten fo befeftigt, dafs beim Brechen des Glaskörpers das Drahtgewebe den Bruchftücken nicht zu folgen vermag.

In neueffer Zeit ift es *Zfigmondy*[176]) gelungen, ein Glas herzuftellen, welches die ftrahlende Wärme in hohem Mafse abforbirt und das er Wärmefchirmglas oder Schirmglas kurzweg nennt. Dem Glasfatz wurden Eifenoxyd und Reductionsmittel zugefetzt und das Ganze bei einer Temperatur gefchmolzen, die der des Scharffeuers in Porzellanöfen nahe kam. Es hat den Anfchein, dafs durch Reductions- 340. Schirmglas.

175) Siehe: Civiling. 1892, S. 265.

176) Näheres fiehe: Zsigmondy, R. Für Wärmeftrahlen undurchläffiges Glas. Polyt. Journ., Bd. 287, S. 17, 68, 108 — fo wie: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1893, S. 574, 592 u. 610.

wirkung das Eiſenoxyd nahezu vollſtändig in Eiſenoxydul übergeht; das Glas iſt deutlich blau gefärbt mit einem Stich in das Grüne.

Es iſt nicht unwahrſcheinlich, daſs dieſer Bauſtoff in ſolchen Fällen Eingang finden wird, 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 etc.

341. Decorationsweiſen.

Die Decorationsweiſen der Tafelgläſer bezwecken entweder matte, farbloſe Muſter auf farbloſem Grunde oder durchſichtige auf mattem Grunde, farbloſe auf farbigem, ſo wie farbige auf farbloſem oder gefärbtem Grunde.

Man hat hierzu das Einbrennen, Graviren, Schleifen, Aetzen und Sandblaſen in Anwendung gebracht, und je nach der beabſichtigten Wirkung wird noch heute jedes dieſer Verfahren angewendet.

Das Einbrennen iſt nichts, als die Herſtellung einer durchbrochenen andersfärbigen oder undurchſichtigen Glasſchicht auf dem Grundglaſe, wie bei der Herſtellung des Mouffelin-Glaſes, oder als Grundlage der eigentlichen Glasmalerei dienend. Das Graviren wird entweder mittels Diamant oder, wie neuerer Zeit eingeführt, mittels elektriſch glühenden Platindrahts durchgeführt und erzielt die feinſten Conturen. Das Schleifen mittels Schmirgel-Schleifgeräthen oder Sandſteinen iſt ebenfalls für Flächen-Decorirung entweder mit oder ohne Poliren vielfach in Anwendung. Das Schleifen und Poliren findet ſeine Hauptanwendung bei der Herſtellung von Spiegelgläſern und Kryſtallgläſern.

Das Aetzen geſchieht mittels Flufsſäure; die Zeichnung wird hierbei dadurch hergeſtellt, daſs durch Harze oder Fette derjenige Theil der Tafel vor dem Angriff der Flufsſäure geſchützt wird, welcher glänzend bleiben ſoll, und daſs man die übrigen Stellen mit einem Brei von Flufsſpathmehl und Schwefelſäure oder mit flüſſiger Flufsſäure oder Fluorammon matt ätzt.

Das Sandblaſen oder Mattſchleifen mittels Sandſtrahl hat ſeit ſeiner Erfindung durch *Tilghmann* weitaus den erſten Rang als Decorationsverfahren ſich errungen und geſtattet mit geringem Zeit- und Koſtenaufwande die Herſtellung verſchieden tiefer Mattirung. Beſonders modern iſt Aetzen und Sandblaſen von Ueberfangglas geworden, wodurch farbige Zeichnung auf farbloſem Grunde oder umgekehrt hergeſtellt wird. Auch durch wiederholte Aetzung oder Sandbläſerei werden wirkungsvolle Zeichnungen Matt in Matt (*Grisaille*) erzeugt.

342. Hohlglas.

Das Hohlglas, ſo weit 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.

Es kommen im Beſonderen davon vor: Kugeln mit glatt abgeſchliffenen Oeffnungen unten und oben, oder mit kurzen wulſtigen Halsanſätzen, wovon der untere einen kleineren Durchmeſſer beſitzt 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 aufserordentlich mannigfaltige Formen von ſog. Gasſchalen, von der flachſphäroidiſchen halbgeſchloſſenen Form mit eingezogenem Fufse an bis zur flachtellerförmigen Schale mit ebenem oder ausgeſchnittenem Rande. Für Flur- und Gartenbeleuchtung werden vielfach Ampeln in verkehrt eiförmiger Geſtalt oder in Urnen- und Amphorenform verwendet. Selten findet man noch die Tulpenform bei Gasbeleuchtung angewendet. Dazu kommen noch die verſchiedenſten Formen von Lampenſchirmen aus Milchglas, die Schutzglocken über den Gasbrennern und die im Beſonderen für die elektriſche Beleuchtung dienenden Glasgegenſtände. Die Decorationen dieſer Hohlgläſer für Beleuchtungszwecke bewegen ſich meiſt in zierlichem geometriſchem oder in lebensvollem Ranken-Ornament, in Aetzmanier oder buntfarbiger Ausführung.

343. Glasbauſteine.

Seit einigen Jahren erzeugen die Glashüttenwerke »Adlerhütten, *H. Mayer & Co.*« zu Penzig in Schleſien ſog. Glashohlſteine oder Glasbauſteine, 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 Arbeitsſäle, für Künſtler-Ateliers, Pflanzenhäuſer, Operationsſäle etc., auch dann, wenn eine thunlichſt gleichmäſsige Temperatur gewünſcht wird, wie in Eisfabriken, Schlächtereien etc.

Dieſe Glasbauſteine ſind linſenförmige Hohlkörper aus Glasmaſſe und werden ſowohl als ganze, wie auch als Dreiviertel-, halbe und Viertelſteine hergeſtellt; ſie werden halbweifs, weifs, miſchglas und in ſatten, dunkeln Farben erzeugt.

Ferner werden von der mehrfach bereits genannten »Aktiengeſellſchaft für Glasinduſtrie vorm. *Friedr. Siemens*« in Dresden »Glashartguſs-Mauerſteine« erzeugt, welche 25 × 12,5 × 6,5 cm Abmeſſung haben und in halbweifsem Zuſtand hohl oder maſſiv geliefert werden.

344. Maſſives Glas.

Das maſſive Glas wurde zwar in Form von Pflaſterwürfeln, Bauſteinen etc. ſchon erwähnt; hier handelt es ſich jedoch anhangsweiſe noch um die Erwähnung deſſelben als Decorationsmaterial. Am brillanteſten wirkt das farbloſe, in Facetten geſchliffene Kryſtallglas, wie es in neueſter Zeit wieder vielfach für Saalkronleuchter angewendet wird. Milchglas und Farbglas werden gepreſſt und geſchliffen auch zu eleganten Thürdrückern, Klingelzuggriffen, Oliven etc. verwendet; ja in der Glasmalerei verwendet man farbiges Glas in halb erhabenen, plaſtiſchen Formen, ob mit Berechtigung oder nicht, ſei hier unerörtert gelaſſen; effectvoll in höchſtem Grade bleibt dieſes Verfahren jedenfalls und kann als eine Ausbildung der altdeutſchen Butzenglas-Fenſter betrachtet werden.

Ferner ſind die »Glashartguſs-Wandverkleidungsplatten«, welche von der »Aktiengeſellſchaft für Glasinduſtrie vorm. *Friedr. Siemens*« erzeugt werden, zu erwähnen; ſie haben ein Flächenmafs von 22 × 22 cm und werden in Dicken von 15, 22 und 25 mm, weifs und halbweifs, glatt und gemuſtert, geliefert; auch zugehörige Simſe und Frieſe ſind erhältlich. Eben ſo 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 dick, haben einen elfenbeinartigen Ton und ſind an der Vorderſeite mit plaſtiſchem Ornament verſehen.

345. Glas-Moſaik.

Die höchſte Stufe künſtleriſcher Verwendung findet das farbige Maſſivglas in der Glas-Moſaik. Dieſe von den Alten ſchon hoch ausgebildete und neuerdings wieder in Aufnahme gekommene Technik beruht auf der Nachbildung des Cartons mittels verſchiedenfarbiger prismatiſcher Glasſtifte oder -Würfel, welche auf den Carton aufgelegt und zuletzt mittels einer Paſte oben verkittet werden. *Salviati* in Murano ſetzt die Paſten mittels Klebſtoff auf den Carton, ſo dafs die nach letzterem zugekehrte Seite die Anſichtsfläche bildet; der Carton wird ſpäter durch Aufweichen mit Waſſer losgelöst.

Der Vorzug des Glas-Moſaiks vor dem Marmor-Moſaik iſt namentlich in der gröſseren Haltbarkeit im Freien und, falls dies erwünſcht iſt, in dem gröſseren Glanz und in der erhöhten Leuchtkraft und Mannigfaltigkeit der Farben zu ſuchen.

Glas-Moſaiken ſind bis jetzt in Deutſchland nur in beſchränktem Maſse ausgeführt worden und werden in den meiſten Fällen aus Venedig bezogen; es liegt indeſs kaum ein haltbarer Grund vor, weſshalb ſich dieſe Induſtrie nicht auch bei uns einbürgern ſollte [177]).

177) Siehe: Schwarz. Ueber die Herſtellung der venetianiſchen Moſaiken und Glasſtudien. Sitzgsber. d. Ver. z. Bef. d. Gwbfl. 1887, S. 204.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

Literatur

über »Glas als Bauſtoff«.

Gegoſſenes ſtarkes Glas zur Bedachung von Lichthöfen, Eiſenbahn-Einſteigehallen, Spinnereien, Webereien, Treibhäuſern etc. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1858, S. 215.

Lobmeyr. Die Glasinduſtrie, ihre Geſchichte, gegenwärtige Entwicklung und Statiſtik. Stuttgart 1874.

Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausſtellung im Jahre 1873. Erſtattet von der Centralcommiſſion des Deutſchen Reiches. Band 2. Braunſchweig 1874. S. 464: Glasinduſtrie.

Benrath, H. E. Die Glasfabrikation. Braunſchweig 1875.

Schwerinc. Ueber die Biegungsfeſtigkeit 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 Biegungsfeſtigkeit des Glaſes. Civiling. 1888, S. 1, 109, 621.

Hartig. Ueber die Biegungsfeſtigkeit des Drahtglaſes. Civiling. 1892, S. 265.

Ferner:

Glas und Thon etc. Verbunden mit der »Allgemeinen Glaſer-Zeitung«. Berlin.

Sprech-Saal. Organ der Porzellan-, Glas- und Thonwaaren-Induſtrie etc. Red. von A. Schmidt. Coburg. Erſcheint ſeit 1867.

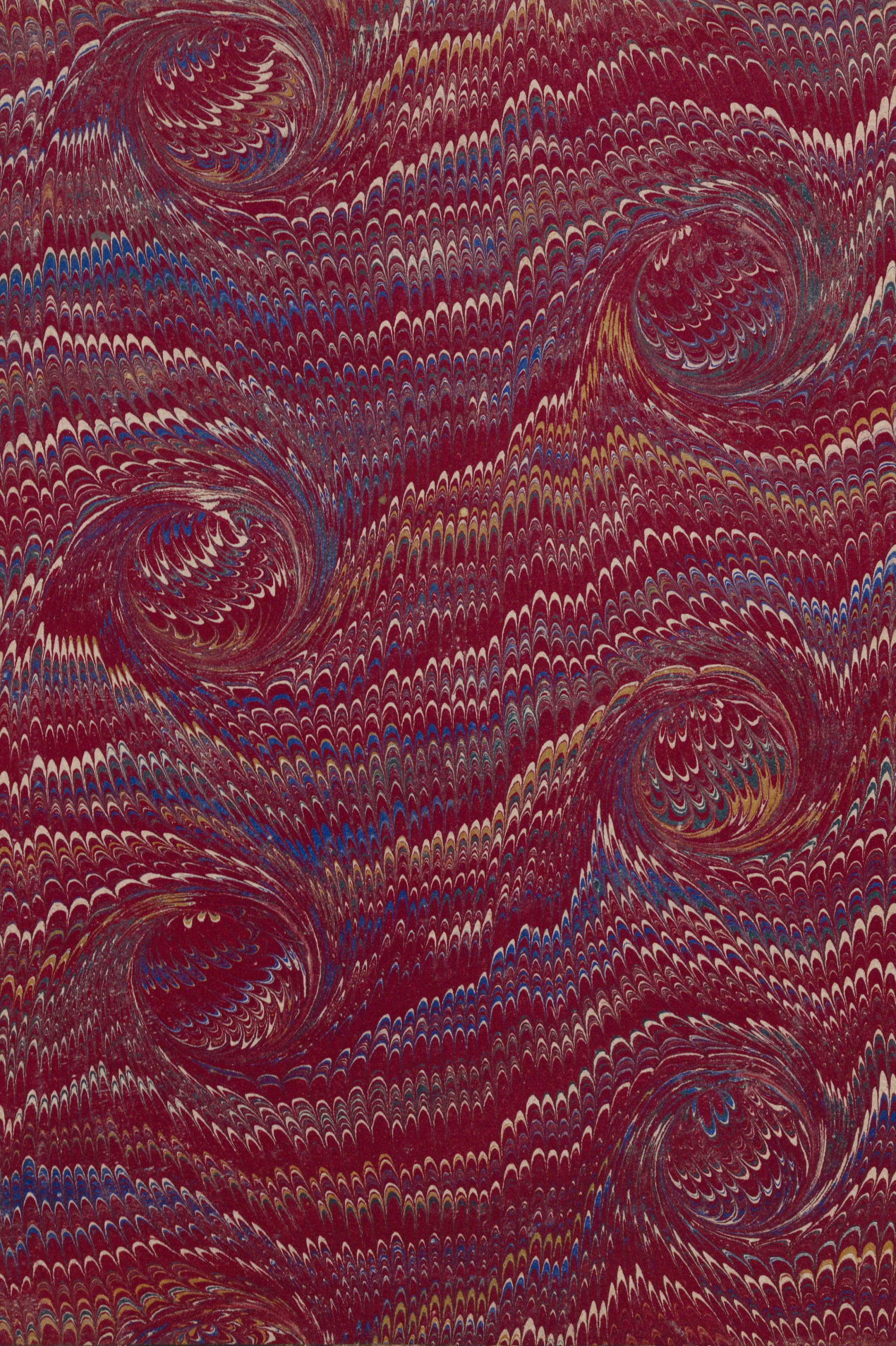
Glashütte und Keramik etc. Red. von J. Fahdt. Leipzig. Erſcheint ſeit 1871.

Central-Blatt für Glas-Induſtrie und Keramik. Red. von O. Büttner. Frankfurt a. M. Erſcheint ſeit 1892.

The pottery and glaſs journal. New-York.

Illuſtriertes Fachblatt für die geſamte Glas-, Porzellan- und Steingut-Induſtrie. Zittau. Red. von M. W. Wilrich. Erſcheint ſeit 1893.





Biblioteka Główna
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu
Technologicznego w Szczecinie
CZ-III.1377/1/1
300-001377-01-1
ARCHIWALIA